

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

Andriele Maria Pauli

**UM ESTUDO DE PRÁTICAS FORMATIVAS ENTRE FÍSICA E
QUÍMICA NA FORMAÇÃO DE PRODUTORES DE ALIMENTOS NO
BRASIL E NA ALEMANHA**

Santa Maria, RS
2020

Andriele Maria Pauli

**UM ESTUDO DE PRÁTICAS FORMATIVAS ENTRE FÍSICA E QUÍMICA NA
FORMAÇÃO DE PRODUTORES DE ALIMENTOS NO BRASIL E NA ALEMANHA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Área de concentração em Ensino de Física, como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Educação em Ciências**.

Orientador: Prof. Dr. Everton Lüdke

**Santa Maria, RS
2020**

Pauli, Andriele Maria
UM ESTUDO DE PRÁTICAS FORMATIVAS ENTRE FÍSICA E
QUÍMICA NA FORMAÇÃO DE PRODUTORES DE ALIMENTOS NO BRASIL
E NA ALEMANHA / Andriele Maria Pauli.- 2020.
319 p.; 30 cm

Orientador: Everton Lüdke
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde, RS, 2020

1. Atividades Experimentais 2. Ciência e Tecnologia
em Alimentos 3. Competências e Habilidades 4. Ensino
Explícito I. Lüdke, Everton II. Título.

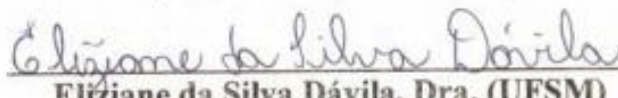
**UM ESTUDO DE PRÁTICAS FORMATIVAS ENTRE FÍSICA E QUÍMICA NA
FORMAÇÃO DE PRODUTORES DE ALIMENTOS NO BRASIL E NA ALEMANHA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Área de concentração em Ensino de Física, como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Educação em Ciências**.

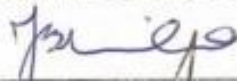
Aprovado em 28 de fevereiro de 2020:



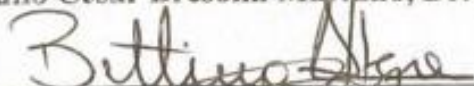
Everton Lüdke, Dr. (UFSM)
(Presidente/ Orientador)



Elíziane da Silva Dávila, Dra. (UFSM)



Júlio César Bresolin Marinho, Dr. (UFSM)



Bettina Steren dos Santos, Dra. (PUCRS) – Parecer



Antônio Vanderlei dos Santos, Dr. (URI)

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha amada família, que sempre esteve ao meu lado, me incentivando e me fortalecendo, mostrando que o amor e a união da família faz superar qualquer dificuldade.

Aos meus pais, Gervásio Pauli e Lourdes Iracema Pauli, mesmo que distantes, mas jamais ausentes, sempre apoiaram minhas decisões e acreditaram na minha capacidade de vencer meus obstáculos e conquistar meus sonhos. Que, com suas orações e palavras de carinho me deram forças para seguir em frente e jamais desistir.

A minha irmã, Liciani Beatriz Pauli, por sempre estar ao meu lado. Por seus sábios conselhos e palavras de apoio e conforto que me fizeram continuar. Por jamais medir esforços para me ajudar.

E, por fim, dedico esse trabalho a mim. Para mostrar o quanto eu sou forte e capaz. Para mostrar que jamais devemos desistir dos nossos sonhos e que devemos acreditar que somos sempre vencedores. Que todos os obstáculos nos fortalecem e nos mostram a sermos mais humanos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, eu agradeço imensamente a DEUS pela vida, saúde e sabedoria. Por guiar e iluminar meu caminho durante todas as etapas da minha vida. Pelo Seu imenso Amor, que me dá forças para continuar e jamais desistir. Por colocar em meu caminho os anjos, chamados de amigos e família, para me incentivar e me consolar nas horas difíceis.

Agradeço a minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos que vivi, pelos seus ensinamentos e por sempre sermos uma família unida na Fé e no amor.

Agradeço aos meus professores do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:

Química da Vida e Saúde (PPGECQVS), pelos ensinamentos e por compartilhar suas experiências. Em especial, agradeço ao meu professor-orientador, Everton Lüdke, que tive muito orgulho de ter como orientador. Obrigada por todo o aprendizado, por sua paciência e por me permitir crescer e amadurecer como profissional. Agradeço por sua dedicação e ajuda em realizar meu sonho de viajar à Alemanha.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), por financiar meus estudos e permitiu minha inteira dedicação a pesquisa de doutorado. Mas, principalmente, por permitir aprofundar meus conhecimentos, proporcionando uma experiência única na Alemanha. Sem esse auxílio, minha pesquisa e minha formação profissional, não seriam possíveis.

Agradeço ao professor Dr. Ludger Figura, pela oportunidade de realizar parte de minha pesquisa em sua disciplina de “Física dos Alimentos”(Lebensmittelphysik), da Universidade de Ciências Aplicadas da Hochschule Osnabrück, na Alemanha. E, também, por compartilhar suas experiências e seu trabalho no laboratório de Lebensmitteltechnik.

Agradeço também, ao engenheiro técnico de laboratório, Andreas Schwartz, por sua dedicação em me ensinar e auxiliar nas atividades laboratoriais. E, ainda, agradeço a Alissa Ziegler, responsável pelos estudantes internacionais que visitam e estudam no campus Haste da Hochschule Osnabrück, por sua prestativa assistência quanto às burocracias e documentos necessários à pesquisa na universidade.

E, por fim, quero agradecer as minhas amigas do “SantaMaria’s Friends” e aos meus amigos de Fé, do movimento Emaús Santa Maria, por estarem sempre ao meu lado, torcendo e orando por mim. Agradeço seus conselhos, amizade carinhosa e dedicação.

RESUMO

UM ESTUDO DE PRÁTICAS FORMATIVAS ENTRE FÍSICA E QUÍMICA NA FORMAÇÃO DE PRODUTORES DE ALIMENTOS NO BRASIL E NA ALEMANHA

AUTORA: Andriele Maria Pauli

ORIENTADOR: Everton Lüdke

Articular os conhecimentos científicos básicos com os conhecimentos da prática profissional é peça fundamental para o bom desempenho acadêmico. Em se tratando de profissionais da área de produção de alimentos, entende-se a importância do desenvolvimento de capacidades e habilidades científicas nessa área, tendo em vista o convívio diário com processos físicos e químicos que se estende do plantio até a produção final do alimento. Tendo em mente que a qualidade do alimento é resultado de um profissional altamente qualificado, então, é na formação acadêmica que as capacidades e habilidades científicas devem ser estimuladas. Dessa forma, com o objetivo de avaliar as contribuições que uma estratégia de ensino de Física e Química, referenciada no Ensino Explícito e articulada ao contexto do produtor de alimentos, tem a oferecer para a formação de competências e habilidades científicas de acadêmicos do curso de Tecnologia em Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), é que se deu início a este trabalho. Para a elaboração da proposta, fez-se um estudo em documentos do curso de Tecnologia em Alimentos e um levantamento de artigos nos principais periódicos da área de ensino sobre o Ensino de Ciências na produção de alimentos e, também, sobre as competências e habilidades científicas e o Ensino Explícito. Tendo o modelo PIC da Gestão de Aprendizagem como alicerce da estratégia didática, algumas atividades experimentais foram elaboradas e utilizadas como ferramenta de motivação e estudo. Para tanto, elaboraram-se dezenove atividades experimentais que resultaram em cinco cadernos didáticos. O progresso e os efeitos da proposta didática no desempenho dos estudantes foram avaliados por meio de pré-testes (questionários sobre concepções prévias e atitudes dos estudantes) e pós-testes (questionário *feedback*, relatórios experimentais e avaliações bimestrais), utilizando a Análise de Conteúdo e a Taxonomia de Bloom para a análise dos dados. Os resultados demonstraram, de maneira geral, uma aceitação positiva do estudo pelos estudantes, sendo uma estratégia didática que trouxe clareza ao estudo. Permitiu expandir os conhecimentos científicos, garantindo relações entre os conhecimentos teóricos e práticos, do mesmo modo que possibilitou uma maior conexão entre os conhecimentos científicos novos e os anteriores. O desempenho da turma se estendeu às esferas cognitiva, afetiva e psicomotora, observando um desempenho satisfatório de diversas competências e habilidades, como, por exemplo, manusear equipamentos experimentais, reconhecer e articular as Ciências no cotidiano profissional do produtor de alimento, expressar e comunicar na forma oral, escrita e gráfica a natureza científica, avaliar os resultados experimentais, trabalhar em equipe, assim como, argumentar e tomar decisões mais conscientes quanto às práticas científicas no contexto profissional. No entanto, o grande diferencial da pesquisa, foram as observações do processo de ensino e aprendizagem, sobre a Física dos Alimentos, realizadas presencialmente em uma instituição de ensino na Alemanha, trazendo uma nova perspectiva para a proposta. Apesar de ter sido concretizada ao final da pesquisa de doutorado, a vivência no país trouxe um olhar mais crítico à prática docente e um método mais ativo e competente ao processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Competências e Habilidades, Ciência e Tecnologia em Alimentos, Atividades Experimentais, Ensino Explícito.

ABSTRACT

A STUDY OF FORMATIVE PRACTICES BETWEEN PHYSICS AND CHEMISTRY IN THE EDUCATIONAL BACKGROUND OF FOOD PRODUCERS IN BRAZIL AND GERMANY

AUTHOR: Andriele Maria Pauli

ADVISOR: Everton Lüdke

ABSTRACT

Articulating basic scientific knowledge with knowledge of professional practice is a fundamental to a satisfactory academic performance. In the case of professionals in the area of food production, it is understandable the importance of developing scientific competencies and skills because of the daily contact with physical and chemical processes that extend from planting to the final production of food. Bearing in mind that the quality of the food is the result of a highly qualified professional, it is in the educational background that scientific competencies and skills should be encouraged. Therefore, intending to evaluate the contributions that a Physics and Chemistry teaching strategy, referenced in Explicit Teaching and articulated to the context of the food producer, has to offer for the formation of scientific competencies and skills of students of the Food Technology Course at the Federal University of Santa Maria (UFSM), this work started. For the elaboration of the proposal, I made a study in documents from the Food Technology Course and a survey of articles, in the leading journals of the teaching area, about Science Teaching in food production and, also, about scientific competencies and skills and Explicit Teaching. Having the Learning Management PIC model as the basis of the didactic strategy, some experimental activities were developed and used as a motivation and study tool. For that, nineteen experimental activities were developed that have resulted in five didactic notebooks. The progress and the effects of the didactic proposal on the students' performance were assessed through pre-tests (questionnaires about previous conceptions and students' attitudes) and post-tests (feedback questionnaire, experimental reports and bimonthly assessment), using Content Analysis and Bloom's Taxonomy for data analysis. The results have demonstrated, in general, a positive acceptance of the study by the students. Therefore, it was a didactic strategy that has brought clarity to the study. The strategy used made it possible to expand the scientific knowledge, guaranteeing relations between theoretical and practical knowledge, in the same way, which has enabled a high connection between new and previous scientific knowledge. The performance of the class has extended to the cognitive, affective, and psychomotor spheres. It was possible to observe a satisfactory performance of several competencies and skills, such as: handling experimental equipment, recognizing and articulating the Sciences in the professional daily life of the food producer, expressing and communicating the scientific nature in the oral, written and graphic form, evaluating the experimental results, working as a team, as well, arguing and making more conscious decisions regarding the scientific practices in the professional context. However, the observations of the teaching and learning process on Food Physics, carried out in person at an Educational Institution in Germany, was the most differential of the research. It has brought a new perspective to the proposal. Despite having been completed at the end of the doctoral research, the experience in the Germany has brought a more critical look at teaching practice and a more active and competent method for the learning process.

Keywords: Skills and Competencies, Food Science and Technology, Experimental Activities, Explicit Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização da cidade de Osnabrück e a divisão dos Estados Federados (<i>Länder</i>) da República Federal da Alemanha.	35
Figura 2. Esquema do sistema de ensino brasileiro e do ensino alemão.	40
Figura 3. Questões fundamentais do processo de ensino e aprendizagem de Ciências.	70
Figura 4. Esquema estrutural da estratégia didática.	73
Figura 5. Três Domínios dos Objetivos Educacionais segundo Bloom e colaboradores.	80
Figura 6. Gráfico da porcentagem de conteúdos assimilados pelos estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM, segundo a classificação conceitual da pesquisa.	118
Figura 7. Porcentagem de estudantes em relação ao tipo de capacidade de resolução de problemas.	120
Figura 8. Material utilizado no experimento 1.	134
Figura 9. Material utilizado no experimento 2.	136
Figura 10. Material utilizado no experimento 4.	138
Figura 11. Material utilizado no experimento 5.	140
Figura 12. Material utilizado no experimento 6.	141
Figura 13. Instrumentos de medida para análise da viscosidade.	145
Figura 14. Material utilizado no experimento 7.	146
Figura 15. Material utilizado no experimento 8.	147
Figura 16. Material utilizado no experimento 9.	149
Figura 17. Resultados obtidos pelos estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM. ...	151
Figura 18. Material utilizado no experimento 10.	153
Figura 19. Material utilizado no experimento 11.	154
Figura 20. Material utilizado no experimento 12.	156
Figura 21. Material utilizado no experimento 13.	157
Figura 22. Material utilizado no experimento 14.	160
Figura 23. Material utilizado no experimento 15.	161
Figura 24. Material utilizado no experimento 16.	163
Figura 25. Material utilizado no experimento 17.	165
Figura 26. Material utilizado no experimento 18.	166
Figura 27. Material utilizado no experimento 19.	168

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Competências e Habilidades atribuídas ao tecnólogo em alimentos, segundo a Resolução Nº 257, DE 29 OUT 2014.....	32
Quadro 2. Tipos de Instituições de Ensino Superior na Alemanha.	40
Quadro 3. Os Princípios Instrucionais (andaimes) definidos por Barak Rosenshine.....	50
Quadro 4. As seis funções do ensino segundo Rosenshine e Stevens (1986).	52
Quadro 5. Elementos do conjunto de estratégias utilizados na fase da Preparação.	58
Quadro 6. Elementos do conjunto de estratégias gerais utilizados na fase da Interação.....	60
Quadro 7. Elementos do conjunto de estratégias específicas – fase da Interação.....	60
Quadro 8. Elementos do conjunto de estratégias utilizados para a fase da Consolidação.	61
Quadro 9. Cronograma para a realização da proposta didática.	75
Quadro 10. Descrição dos níveis do Domínio Cognitivo da Taxonomia da Bloom.	81
Quadro 11. Descrição dos níveis do Domínio Afetivo da Taxonomia de Bloom.	82
Quadro 12. Descrição dos sete níveis do Domínio Psicomotor.	83
Quadro 13. Escore para a análise mediante a Taxonomia de Bloom.	85
Quadro 14. Esquema de rotação dos grupos na realização dos experimentos.	87
Quadro 15. Lista dos periódicos e seus respectivos QUALIS, do quadriênio 2013-2016, segundo a Plataforma Sucupira.	92
Quadro 16. Relação dos periódicos e o número de artigos selecionados de acordo com os critérios do levantamento bibliográfico.....	93
Quadro 17. Artigos selecionados da revista Alexandria.....	95
Quadro 18. Artigos selecionados da revista Amazônia.....	95
Quadro 19. Artigos selecionados do Caderno Brasileiro de Ensino de Física.	96
Quadro 20. Artigos selecionados da revista Ciência & Educação.	97
Quadro 21. Artigos selecionados da revista Ciência e Natura.	99
Quadro 22. Artigos selecionados da revista Ensaio – Pesquisa e Educação em Ciências.	100
Quadro 23. Artigos selecionados da revista Enseñanza de las Ciencias.	101
Quadro 24. Artigos selecionados da revista Experiências em Ensino de Ciências.	105
Quadro 25. Artigos selecionados da revista Investigação em Ensino de Ciências.....	107
Quadro 26. Artigos selecionados da Revista Brasileira de Ciências do Solo.....	108
Quadro 27. Artigos selecionados da Rev. Bras. de Ensino de Ciências e Tecnologias.	109
Quadro 28. Artigos selecionados da Rev. Bras. de Pesquisa em Educação em Ciências.	109
Quadro 29. Artigos selecionados da Revista Brasileira de Ensino de Física.	111
Quadro 30. Artigos selecionados da Revista de Enseñanza de la Física.	112
Quadro 31. Artigos selecionados da Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.	113
Quadro 32. Artigo selecionado da Revista Electronica de Investigacion em Educacion em Ciencias.	114
Quadro 33. Público participante das pesquisas dos artigos selecionados.....	115
Quadro 34. Definição conceitual em relação ao valor numérico.	118
Quadro 35. Número de estudantes e as principais dificuldades de aprendizagem.	121
Quadro 36. Respostas da aplicação da Física e Química na produção de alimentos.	122
Quadro 37. A Física e a Química e os derivados de leite, carne e vegetais.	124
Quadro 38. Opinião dos estudantes quanto à estrutura da proposta.....	127
Quadro 39. Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos na realização da proposta.....	128
Quadro 40. Média das notas da turma de Tecnologia em Alimentos nas avaliações.....	170
Quadro 41. Grau de competências e habilidades adquiridas pela turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM segundo os três domínios da Taxonomia de Bloom.....	172
Quadro 42. Relação dos conteúdos estudados na disciplina Lebensmittelphysik, na Hochschule Osnabrück.....	174

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA TESE	21
MEMORIAL DESCRITIVO	22
1. INTRODUÇÃO: O ALIMENTO E O CONHECIMENTO CIENTÍFICO COMO MATÉRIAS-PRIMAS PARA O DESENVOLVIMENTO.....	27
1.1 O CAMINHO PERCORRIDO – PARTE I: JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	29
1.1.1 Perfil profissional do produtor de alimentos no Brasil.....	31
1.1.1.1 <i>Perfil desejado do formando do Curso Superior de Tecnologias em Alimentos da UFSM.</i>	34
1.2 O CAMINHO PERCORRIDO – PARTE II: RUMO À ALEMANHA.	34
1.2.1 Linhas gerais sobre o perfil do país da Alemanha	35
1.2.2 Conhecendo a cidade e a Universidade de Ciências Aplicadas de Osnabrück.....	42
1.2.3 O curso de Tecnologia em Alimentos na Alemanha	43
1.1.1.2 <i>Formação em Tecnologia em Alimentos na Hochschule Osnabrück.....</i>	45
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA	46
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA	46
1.4.1 Objetivo Geral.....	46
1.4.2 Objetivos específicos	46
2. O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM NO ENSINO SUPERIOR	47
2.1 ENSINO EXPLÍCITO NA PRÁTICA EDUCATIVA: TEORIA E IMPLICAÇÕES	49
2.1.1 As seis funções do ensino segundo Rosenshine e Stevens (1986).....	51
2.1.2 Psicologia Cognitiva e o Ensino Explícito.	53
2.1.3 A eficácia do professor no desempenho de seus alunos.	55
2.2 O ENSINO EXPLÍCITO E A GESTÃO DE APRENDIZAGEM	56
2.2.1 Preparação.....	57
2.2.2 Interação	59
2.2.3 Consolidação.....	61
2.3 O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES POR MEIO DA PRÁTICA DO ENSINO EXPLÍCITO.....	62
2.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO DENTRO DO ENSINO EXPLÍCITO.....	64
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	67
3.1 PRIMEIRA FASE DA PESQUISA: O PENSAR.	68
3.2 SEGUNDA FASE DA PESQUISA: O AGIR.....	71
3.3 TERCEIRA FASE DA PESQUISA: O AVALIAR.....	72
3.4 ESTRUTURAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA – A GESTÃO DO APRENDIZADO	72
3.4.1 Preparação.....	73
3.4.2 Interação	76
3.4.3 Consolidação.....	77
3.5 PERFIL DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.	77
3.6 PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.	79
3.6.1 Análise dos dados pela Taxonomia de Bloom.....	79
3.6.1.1 <i>Domínio cognitivo</i>	81
3.6.1.2 <i>Domínio afetivo</i>	82
3.6.1.3 <i>Domínio psicomotor</i>	83
3.6.2 A observação da prática de ensino e aprendizagem no contexto da Tecnologia em Alimentos na Hochschule Osnabrück – Alemanha.	85
4. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	91
4.1 PERIÓDICOS SELECIONADOS.....	94
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	117
5.1 QUESTIONÁRIOS – AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS E AS ATITUDES DOS ALUNOS FRENTE À FÍSICA E A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS.....	117
5.1.1 Questionário 1 – Conhecimentos prévios dos estudantes em relação à Física e a Química na produção de alimentos.....	117
5.1.1.1 <i>Nível de assimilação dos conceitos de Física e Química.</i>	117
5.1.1.2 <i>Capacidades de resolução de problemas de Física e Química.</i>	119

5.1.1.3	<i>Dificuldades de aprendizagem em Física e Química.</i>	120
5.1.1.4	<i>Contribuições da Física e da Química na prática profissional.</i>	121
5.1.1.5	<i>Aplicações da Física e da Química na produção de alimentos.</i>	122
5.1.1.6	<i>Concepções dos estudantes sobre alimentos irradiados.</i>	125
5.1.2	Questionário 2 – Atitudes dos alunos em relação à Física.	126
5.1.3	Questionário 3 – Pós-teste – Percepções e dificuldades dos estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM quanto ao estudo da Física.	126
5.1.3.1	<i>Opinião dos estudantes quanto à estrutura da proposta didática.</i>	127
5.1.3.2	<i>Dificuldades enfrentadas pelos estudantes na realização das atividades.</i>	128
5.1.3.3	<i>Os aspectos gerais da proposta didática corroborando o Ensino Explícito.</i>	129
5.2	OS EXPERIMENTOS E AS QUESTÕES DOS CADERNOS DIDÁTICOS	133
5.2.1	Experimento 1 - Controle de Qualidade: Análise gráfica de medidas elétricas.	134
5.2.2	Experimento 2 - Determinação da condutividade e resistividade de materiais.	136
5.2.3	Experimento 3 - Condutividade e resistividade da água ultrapura.	137
5.2.4	Experimento 4 – Termocúmulas industriais para medida de temperatura.	138
5.2.5	Experimento 5 – Resistores dependentes da luz.	139
5.2.6	Experimento 6 - Determinação do coeficiente de viscosidade.	141
5.2.7	Experimento 7 - Medida de concentração de soluções salinas.	145
5.2.8	Experimento 8 - Análise de interações moleculares por meio da capilaridade.	147
5.2.9	Experimento 9 - Cozimento a Vapor	149
5.2.10	Experimento 10 – Lei de Boyle	152
5.2.11	Experimento 11 - Quebrando a auto ionização da água.	154
5.2.12	Experimento 12 - Propriedades da carga elétrica das micelas de caseína.	156
5.2.13	Experimento 13 - Quebrando a suspensão coloidal no leite bovino.	157
5.2.14	Experimento 14 - Determinação da acidez residual do leite normal.	160
5.2.15	Experimento 15 - Estudo da relação da escala Dornic e pH.	161
5.2.16	Experimento 16 - A parte visual do espectro eletromagnético.	163
5.2.17	Experimento 17 - O espectro de ionização de gases em tubo de Geissler	165
5.2.18	Experimento 18 - Dependência do índice de refração e comprimento de onda	166
5.2.19	Experimento 19 – Refratômetro portátil no controle de qualidade de alimento	168
5.3	PÓS-TESTE: AVALIAÇÕES BIMESTRAIS	170
5.4	AS COMPETENCIAS E HABILIDADES SEGUNDO OS NÍVEIS DE DOMÍNIO COGNITIVO, AFETIVO E PSICOMOTOR.	171
5.5	AS OBSERVAÇÕES SOBRE O ENSINO E APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DA DISCIPLINA “FÍSICA DOS ALIMENTOS” NA HOCHSCHULE OSNABRÜCK.	173
5.5.1	O estudo teórico da disciplina Física dos Alimentos da Hochschule Osnabrück.	173
5.5.2	A prática da disciplina de Física dos Alimentos da Hochschule Osnabrück.	175
5.5.2.1	<i>Fluidos, Viscosidade e Comportamento do Fluxo: do que se tratam esses experimentos? ...</i>	176
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
7.	REFERÊNCIAS	185
APÊNDICES		195
APÊNDICE A	– TERMO DE CONCESSÃO DA PESQUISA.	197
APÊNDICE B	– QUESTIONÁRIO 1. NÍVEIS DE CONHECIMENTO CIENTÍFICOS E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS.	199
APÊNDICE C	– QUESTIONÁRIO 3. PERCEPÇÕES E DIFICULDADES DOS ALUNOS QUANTO AO ESTUDO DA FÍSICA.	201
APÊNDICE D	– QUESTÕES DAS AVALIAÇÕES.	203
APÊNDICE E	– REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS SELECIONADOS PARA O LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.	209
APÊNDICE G	– CADERNOS DIDÁTICOS.	219
ANEXOS		311
ANEXO 1	– EMENTA DA DISCIPLINA DE FÍSICA PARA CIÊNCIAS RURAIS.	313
ANEXO 2	– EMENTA DA DISCIPLINA FÍSICA PARA TECNÓLOGOS EM ALIMENTOS – A.	317
ANEXO 3	– QUESTIONÁRIO 2. ATITUDES DOS ALUNOS EM RELAÇÃO A FÍSICA (QUESTIONÁRIO TALIN (2004)).	319

APRESENTAÇÃO DA TESE

Pensando o ensino das Ciências, Física e Química, no processo de formação científica de profissionais com competências e habilidades para atuação no ramo alimentício, buscou-se o desenvolvimento da pesquisa de doutorado intitulada “*Um estudo de práticas formativas entre Física e Química na formação de produtores de alimentos no Brasil e na Alemanha*”. As fases do desenvolvimento da pesquisa serão apresentadas nas páginas seguintes. Assim, tem-se esta pesquisa como parte constituinte do programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, contemplando a linha de pesquisa “Educação científica: processos de ensino e aprendizagem na escola, na universidade e no laboratório de pesquisa”. Esta linha de pesquisa busca soluções e respostas para questões-problemas da área de ensino e aprendizagem de ciências, de modo a obter alternativas que possam amenizar as dificuldades, os desafios e os obstáculos encontrados no processo educacional e formativo.

No primeiro capítulo, tem-se a apresentação da tese com a exposição de um memorial descritivo e a introdução da pesquisa. Esta introdução contempla as seguintes etapas da pesquisa: questão de pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos, justificativa da escolha do tema, perfil profissional dos sujeitos envolvidos e descrição da fase da pesquisa desenvolvida na Alemanha.

O segundo capítulo constitui-se do referencial teórico que estruturou a pesquisa e a elaboração da estratégia de ensino, tendo como referência o Ensino Explícito dos autores Gauthier, Bissonnette e Richard (2014). Sendo uma estratégia pedagógica fundamentada na psicologia cognitiva e com dados empíricos que comprovaram a eficácia de se utilizar o ensino estruturado e diretivo no processo de aprendizagem, o Ensino Explícito intenciona a aprendizagem do aluno em amplo aspecto, contemplando desde o ensino simples até o complexo. Ao professor cabe a função de tornar explícito o que é implícito, com objetivos de aprendizagem bem definidos, utilizando-se dos melhores meios e estratégias de ensino para que o aluno aprenda.

No terceiro capítulo estão descritos os procedimentos utilizados no decorrer da pesquisa, organizados em seções e subseções para melhor compreensão desta fase da pesquisa. Assim, tem-se a descrição da metodologia utilizada, o detalhamento de coleta e análise de dados e a apresentação do material didático elaborado. Este capítulo contempla também os

procedimentos realizados na Universidade de Ciências Aplicada Hochschule Osnabrück, na cidade de Osnabrück, estado da Baixa Saxônia, na Alemanha.

No quarto capítulo é abordada a revisão de literatura, cujo levantamento bibliográfico foi realizado em principais periódicos da área de ensino, segundo a classificação da Qualis do triênio 2013-2016. A revisão dos artigos que contemplam o ensino de Ciências na formação de profissionais da área de alimentos está exposta em um capítulo à parte devido à sua extensão.

No quinto capítulo, encontram-se os resultados, a análise e as discussões dos resultados obtidos pela implementação das atividades didáticas, assim como, as observações e comentários referentes ao observado no ensino de Física na formação de profissionais da Tecnologia em Alimentos.

O sexto capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, a fim de trazer respostas e possíveis encaminhamentos para o problema de pesquisa exposto, tendo em consideração as contribuições que o trabalho realizado na Alemanha proporcionou.

MEMORIAL DESCRITIVO

Considerada uma das profissões mais dignas e interessantes, meu interesse pela docência teve seu despertar na infância se estendendo até os dias atuais. Durante a formação básica, apesar dos meus conhecimentos limitados sobre o papel do professor na formação do aluno, sempre considerei a docência uma das mais nobres das profissões, digna de respeito e admiração, de modo que, o professor representava uma das pessoas mais sábias que existia. Ao passar dos anos, fui compreendendo que ser professor estava além de simplesmente adquirir e transmitir conhecimentos. O professor tinha a grande e principal responsabilidade de preparar os jovens a se tornarem cidadãos responsáveis, críticos e atuantes na sociedade.

Compreender o que para mim era desconhecido, gerava-me muita satisfação. Poder compartilhar meus conhecimentos, ajudando meus amigos e colegas durante o ensino médio, me trouxe a certeza de ser este o caminho a seguir. Esta certeza se fortalecia quando o outro compreendia o conteúdo através do meu auxílio. No entanto, em meio a este interesse pelo ensino e a pré-disposição pela área das exatas, houve dificuldades e obstáculos a serem superados, especialmente quando os conceitos científicos pareciam complicados de compreender e aprender. Essa realidade, tão presente no estudo dos conceitos mais complexos, exigia de mim maior comprometimento e dedicação com os estudos.

Paralelamente, pude perceber que em aulas práticas e demonstrativas, eu, assim como muitos outros colegas, compreendia melhor o conteúdo e tinha meu interesse e motivação

renovados. A partir dessas percepções e considerando a falta de professores de Física formados e em exercício na educação básica, compreendi que a licenciatura em Física era a minha escolha ideal. Assim, no segundo semestre de 2007, ingressei no ensino superior, e comecei o curso de Física licenciatura plena pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria/RS. Então, proveniente de São Paulo das Missões, uma cidade pequena da região noroeste do Rio Grande do Sul, iniciei a minha formação e realização profissional.

Ao longo da minha formação acadêmica, principalmente durante os estágios, me deparei com pensamentos e questionamentos sobre o que, como e por que ensinar e aprender. Inquietava-me perguntas como: por que os alunos aprendem de diferentes formas e intensidades, se o ensino é o mesmo? Como melhorar a forma de ensino e atender as necessidades intelectuais de todos os alunos, mas principalmente daqueles que apresentam maior dificuldade em aprender as Ciências Exatas? Logo entendi que minha formação acadêmica não seria o suficiente para responder todas as minhas inquietações. Percebi que o processo de ensino e aprendizagem de Ciências estava fragilizado, tanto na forma como o professor abordava o conteúdo, quanto na escassez de materiais didáticos de Física e na dificuldade e desinteresse dos alunos em compreender os conceitos físicos.

Com a proximidade da conclusão do curso de graduação em Física, foram surgindo novos desafios e anseios. Deparei-me com a grande responsabilidade colocada nas mãos de todos os profissionais docentes, profissionais estes que nem sempre eram tratados com o devido valor. Afinal de contas, ensinar jovens, adolescentes e adultos a pensar e agir como cidadãos críticos, atuantes, inovadores e competentes, requerem do professor certas competências e habilidades, além de dedicação e afinidade com o conteúdo e os alunos. Tais competências e habilidades poderão contribuir para o desenvolvimento dos conhecimentos científicos necessários ao desenvolvimento e crescimento pessoal, profissional e da sociedade em geral.

Assim como acontece em outras formações acadêmico-profissionais, tive meus momentos bons e ruins nesta sublime profissão. Por vezes, o dissabor pelo ensino invadia o meu ser ao presenciar o pouco interesse e motivação dos estudantes pelos estudos. Outras vezes, sentia-me impotente frente aos obstáculos e dificuldades de aprendizagem. Ao longo da graduação, percebi a luta diária dos professores que almejam uma educação mais digna, que se dedicam várias horas de seu tempo em preparar material didático e, que ao invés de serem valorizados, eram retribuídos com o descaso de muitos alunos. No entanto, em contrapartida, havia aquele sentimento de satisfação do dever cumprido, quando os alunos demonstravam estar motivados em aprender novos conceitos.

Em âmbito educacional, meu objetivo maior sempre foi compreender os alunos e motivá-los a aprender. Sempre busquei entender o lado do outro, me colocando ora na situação de professora e ora na situação de aluna. Isso é ter empatia, uma qualidade que prezo muito em mim e que acredito ser essencial quando se está em sala de aula. Buscando a interação e empatia entre docentes e discentes, pude compreender grande parte do que se passava com os estudantes, entendi que a desmotivação por aprender os conceitos de Física, muitas vezes, não era devido à falta de interesse, mas sim pela dificuldade que eles apresentavam em compreender os conceitos.

Na graduação, durante os estágios tive a oportunidade de conhecer e interagir com uma aluna com diagnóstico de deficiência cognitiva. Este foi um momento muito significativo para a minha formação acadêmica e profissional. Esta aluna despertou meu lado criativo, incentivou-me a encontrar diferentes formas para abordar os conteúdos de ciências, atendendo ao nível cognitivo que ela apresentava. Isto me fez perceber a necessidade de uma formação docente ampla que forneça ferramentas didáticas aos professores, que propicie a integração entre os diferentes perfis de alunos e que inclua a todos no processo de ensino e aprendizagem. Infelizmente, esta não era a realidade de muitas instituições de ensino naquela época e acredito que ainda não seja.

Uma das lacunas existentes na formação dos professores é a falta de preparação e qualificação destes na construção de métodos e estratégias de ensino que atendam diferentes necessidades. Assim, para complementar minha formação, o senti a necessidade de buscar uma disciplina de Educação Especial que oferecesse outros subsídios para minha formação profissional.

Depois de formada, senti que ainda havia muito que aprender, afinal minha carreira profissional estava recém iniciando. Foi então que, em 2013, ingressei no mestrado pelo programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física na UFSM. Determinada a buscar diferentes formas de promover maior interação entre professor, alunos e conhecimento científico, desenvolvi um projeto de pesquisa que levava o ensino de Física a um contexto específico, vivido e apreciado por muitos estudantes e a população em geral: o Futebol. Assim, a articulação dos conceitos de Física do Nono Ano do Ensino Fundamental com a prática do futebol permitiu o desenvolvimento, aplicação e a avaliação de uma estratégia de ensino interagindo a teoria e a prática, proporcionando maior interesse e motivação pelos alunos em aprender os conhecimentos científicos a partir daquela realidade (PAULI, 2015). Ao concluir essa etapa, eu ainda tinha minhas inquietações sobre o ofício de professor. Os desafios vividos durante o mestrado criaram novos questionamentos, incertezas e respostas que incitavam minha

capacidade e habilidade de lidar com a diversidade de comportamentos, pensamentos, conhecimentos e desenvolvimento da cognição.

Desde modo, com o título de mestre em Ensino de Física, iniciei, em 2016, meus estudos de doutorado. Por meio do programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde oferecida pela UFSM, e da área de pesquisa “a aprendizagem de Física”, eu busquei outra forma de olhar para o processo de ensino e aprendizagem. Um olhar na formação acadêmica e profissional, que me levou a desenvolver o tema Física dos alimentos em um Curso Superior de Tecnologia em Alimentos. E, assim, o doutorado trouxe novos desafios, conhecimentos e ensinamentos, que contribuíram para novas experiências em sala de aula, com diferentes estratégias e metodologias para o processo de ensino e aprendizagem de Ciências.

Observando que uma das realidades do ensino é o distanciamento entre aluno e professor e, outra realidade é a descontextualização do conhecimento científico do contexto social do aluno, decidi por introduzir neste cenário uma nova prática, uma nova abordagem. Acredito que existam diferentes meios e estratégias capazes de melhorar cada vez mais o processo de ensino e aprendizagem. Embora a cada novo desafio exista um obstáculo à ser superado, o amor pelo que se faz e o importar-se com a formação dos alunos tornam o desafio vencido.

Nos últimos anos, pude acompanhar a luta, dos professores brasileiros pelo reconhecimento do seu trabalho e do seu papel na sociedade e na formação dos cidadãos. Uma luta diária, não somente por reconhecimento e valorização da sua profissão, mas também, por melhores condições humanas para o desenvolvimento da nação brasileira, que vem sofrendo sérios declínios em seu desenvolvimento e progresso. A sociedade de hoje é reflexo do sujeito formado no passado. Assim como, a sociedade do futuro será resultado do sujeito formado nos tempos atuais. O mundo evolui, inova, se reinventa constantemente, assim também deve ser o ensino, pois se a formação do sujeito não estiver em sintonia com o desenvolvimento científico, tecnológico e inovador, nós teremos uma sociedade regredindo a tempos de ignorância e inutilidade ou, até mesmo, fantoches nas mãos dos mais providos financeiramente e intelectualmente.

Ao longo dos meus doze anos de formação na UFSM, muitas experiências e conhecimentos foram construídos. No entanto, eu ainda necessitava de mais informação, principalmente, de uma visão externa sobre a formação acadêmica e profissional. Foi essa necessidade que me levou a buscar um diferencial em minha pesquisa, um diferencial que pudesse trazer contribuições para o ensino brasileiro. E assim começou minha experiência na Alemanha, em uma disciplina de Física dos Alimentos do Curso de Tecnologia em Alimentos da Universidade de Ciências Aplicadas Hochschule Osnabrück. Naquela sala de aula, pude

observar parte da formação acadêmica de estudantes de Tecnologia de Alimentos, no que tange aos conhecimentos teóricos e práticos, promovidos por uma universidade estrangeira. Vivenciei novas experiências em um país com diferentes culturas, idiomas, sistema de ensino e convívio social, com diferentes leis e normas que regem tanto o país quanto as instituições de ensino. Enfim, um novo olhar perante o desenvolvimento, a formação científica e a prática reflexiva do professor.

Um ponto fundamental para a realização deste estudo e que merece ser destacado é o auxílio financeiro recebido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES¹), por meio da concessão de bolsa de estudos. A CAPES destina algumas bolsas a estudantes de mestrado e doutorado para aprimorar a formação profissional destes em diversas áreas de pesquisa e ensino. A bolsa de doutorado contribuiu significativamente com a realização da viagem à Alemanha. Apesar de não cobrir todo o custo da viagem, a bolsa foi essencial para a consolidação do estudo. E, assim, como um dos objetivos da CAPES é proporcionar mudanças e avanços em padrões de excelência acadêmica em instituições de ensino do Brasil pode-se dizer que seu objetivo no que tange a essa pesquisa foi alcançado com êxito.

¹Fundação do Ministério da Educação (MEC) desempenha papel fundamental na expansão e consolidação da pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) em todos os estados da Federação. Tem como uma das linhas de ação o investimento financeiro para a formação acadêmica, de nível superior, em âmbito de ensino, pesquisa e extensão.

1. INTRODUÇÃO: O ALIMENTO E O CONHECIMENTO CIENTÍFICO COMO MATÉRIAS-PRIMAS PARA O DESENVOLVIMENTO

O excelente desenvolvimento e progresso da sociedade tem se tornado possível e duradouro devido à existência de dois elementos fundamentais e indispensáveis à sobrevivência, sendo estes: *o alimento e o conhecimento*. Este, quando colocado em prática, torna-se uma ferramenta de grande potencial para o desenvolvimento científico e tecnológico. Capacita o sujeito, permitindo obter habilidades fundamentais para a convivência em sociedade e ao extenso avanço da mesma. De igual forma, o alimento torna-se necessário para a sociedade, por ser responsável pelo fornecimento dos nutrientes que sustentam o corpo humano, garantindo o bem-estar, a manutenção e a sobrevivência da população em geral. E não por menos, que um dos setores que vem crescendo nas últimas décadas e contribuindo com a economia do Brasil e demais países, é o setor de produção de alimentos.

A agricultura brasileira apresenta grande variedade no cultivo e produção de matéria-prima de origem vegetal, animal e de hortifrúti. Devido ao clima favorável para plantação e produção e pela diversidade de solos e vegetação, o Brasil tem se tornado um grande produtor de grãos, carnes e frutas (EMBRAPA, 2018). Tendo um total de 86,3 milhões de hectares dedicados à agropecuária e sendo responsável pela exportação de mais de 300 produtos para mais de 180 países, o setor agropecuário brasileiro, tem contribuído com mais de 22,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil e 37% da força de trabalho, em 2017, conforme destaca EMBRAPA (2018). Em perspectiva para 2027, o setor da agricultura tem como estimativa a produção de 290 milhões de toneladas de grão e 34 milhões de toneladas de carne suína [14,3%], bovina [33%] e de frango [52,7%] (Ibid.,).

A busca pelo desenvolvimento sustentável da sociedade vem se revelando um desafio para as próximas décadas, considerando que o crescimento na produção agropecuária não é proporcional ao aumento da população mundial. Isto aponta para a necessidade de investir mais em pesquisa, tecnologia, ciência e inovação (EMBRAPA 2014; 2018; 2019), a fim de buscar meios alternativos para minimizar os impactos ambientais.

A expansão na produção de alimentos teve como marco inicial a Revolução Industrial, consolidando-se na Segunda Guerra Mundial (CARELLE e CÂNDIDO, 2015). Momento em que a necessidade de estocagem de alimentos para longos períodos da guerra exigiu uma produção de alimentos em larga escala e com uma vida de prateleira (vida útil) maior. Além do mais, a agitação do mundo moderno, a busca por um crescimento profissional e, ainda, a falta de tempo para se dedicar ao preparo do alimento, resultou em uma sociedade de produtos

processados, pré-cozidos ou prontos para o consumo (CARELLE e CÂNDIDO, 2015; NESPOLO et al, 2015; TEIXEIRA et al, 2015; FELLOWS, 2019). Alternativa prática que permitiu maior conforto à população, otimizando seu tempo para se dedicar as demais tarefas.

Com o aumento do consumo de alimentos processados, houve um aumento significativo na exigência do consumidor por produtos diversificados e de ótima qualidade. A fim de atender as especificidades do mercado consumidor, o ramo alimentício teve importantes contribuições da ciência e da tecnologia para novas ideias, experiências e técnicas de processamento (CARELLE e CÂNDIDO, 2015), oferecendo maior praticidade e agilidade no preparo dos alimentos, assim como, maior segurança para o transporte do alimento.

Incumbida por toda a cadeia produtiva alimentar, a Agroindústria tornou-se um importante segmento da economia brasileira, sendo responsável pela obtenção, transformação e comercialização dos produtos industrializados (TEIXEIRA et al, 2015), proporcionando maior qualidade, variedade, sabor, durabilidade e quantidade de alimentos. Os estudos das propriedades físicas, químicas e biológicas da matéria-prima de origem animal, vegetal e mineral constituíram a base de origem para Ciência e Tecnologia de Alimentos (REGO, MIALTA e MADI, 2018). Ciência esta que utiliza de conhecimentos científicos de Biologia, Física, Química, Engenharia e Nutrição para estudar a natureza dos alimentos, de modo a identificar e compreender os fatores responsáveis pela alteração do produto em todos os aspectos fisiológicos, desde o cultivo até a comercialização (NESPOLO et al, 2015).

No entanto, por trás de um produto de qualidade deve existir um profissional com excelentes capacidades, habilidades e conhecimento para (re)inventar e diversificar a produção de alimentos. Assim, este profissional tem por função perceber, identificar, esclarecer e desenvolver novas técnicas de produção e conservação de alimentos (CFQ, 2014; UFSM, 2009). Ademais, ele contribui na produção de alimentos especiais, destinados às pessoas com necessidades nutricionais diferenciadas, como por exemplo, os produtos 'light' e 'diet', suplementos vitamínicos e bebidas diversificadas (vinhos, espumantes, sucos e iogurtes). Permitindo maneiras de conservar e melhorar o valor nutritivo e as propriedades organolépticas (cor, sabor, odor, textura) destes produtos (CARELLE e CÂNDIDO, 2015).

Aos profissionais produtores de alimentos, incluem-se todas as profissões que possuem como o seu objeto principal o alimento, considerando desde a matéria prima até o produto final (processado, embalado). Quanto às profissões, existem duas que se destacam e que fazem parte do contexto dessa pesquisa, sendo a Tecnologia em Alimentos e a Agronomia.

1.1 O CAMINHO PERCORRIDO – PARTE I: JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A pesquisa originou-se em uma disciplina de Docência Orientada², onde se observou o ensino de Física em um contexto de formação profissional diferente da área da Física. Esta disciplina tem por objetivo preparar o pós-graduando para o exercício da docência, estando sob supervisão do professor-orientador ou do professor regente. Dispondo da oportunidade de lecionar e observar o processo de ensino de Física em um curso de formação profissional na área das Ciências Agrárias, a Docência Orientada foi realizada no curso de Agronomia da UFSM, na disciplina “FSC1064 Física para as Ciências Rurais”, contemplando os conteúdos de Mecânica, Eletrostática, Eletrodinâmica, Eletromagnetismo, Ondas e Física Moderna, Termodinâmica e Fluidos, conforme o Anexo 1. Na ementa da disciplina tem-se como finalidade de ensino, trabalhar os conceitos científicos de modo que o aluno seja capaz de observar, identificar e interpretar os fenômenos naturais e os princípios fundamentais que os regulam e quantificam, para então, serem aplicados na resolução de problemas (EMENTA da disciplina FSC1064).

A prática docente da pesquisadora (autora deste trabalho) ocorreu em dois momentos distintos. Primeiramente, observou-se a prática de ensino do professor responsável da disciplina, concomitantemente com a elaboração do material e das atividades a serem implementadas na turma e, em segundo momento, a implementação da mesma, colocando em exercício a atividade didática. Durante o processo de observação, surgiram dois aspectos importantes e bastante presente nos discursos de professores e pesquisadores da área de Ensino e Educação em Ciências, sendo estes: 1) o distanciamento entre a teoria e a prática durante o processo de ensino e aprendizagem e; 2) a pouca motivação e interesse dos estudantes em aprender os conceitos científicos relacionados à Física.

De fato, isto torna um desafio ainda maior para professores (com formação em Física) em ministrar esta disciplina em outros cursos/departamentos voltados a uma formação acadêmica de diferentes áreas (REBELLO, MIYAHARA e SANTOS, 2014). Tendo em vista que a Física constitui a base para estudar e compreender conceitos mais abrangentes e complexos com relação aos fenômenos físicos presentes na realidade profissional.

Rebello, Miyahara e Santos (2014) descrevem que é necessário dar um direcionamento dos conceitos físicos nas demais áreas, com aplicações específicas a cada área de atuação. Caso

² A Docência Orientada é uma disciplina obrigatória para alunos bolsistas de mestrado e doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (PPGECQVS), pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

contrário, a Física se tornará monótona e desconexa na proposta dos currículos dos demais cursos, deixando de dar o suporte necessário para compreender conceitos das ciências em geral. Assim, conhecendo os aspectos físicos e químicos que atuam e interferem na produção e obtenção de produtos de qualidade, é possível prever e evitar as causas que prejudiquem os produtos processados, melhorando a qualidade e até mesmo a quantidade.

Em meio às pesquisas sobre este contexto, veio à tona alguns impasses que o ensino de Física enfrenta quando ministrado em outros cursos, como a escassez de material didático com direcionamento do ensino de Física na área de atuação desses futuros profissionais. A segregação destas áreas profissionais, no que tange ao ensino e a formação científica, vêm acarretando uma indiferença do aluno em aprender tais conceitos científicos (SANTOS et al, 2011; NOGUEIRA e DICKMAN, 2009; POZO e CRESPO, 2009; SILVA e REIS, 2007; SANTINI e TERRAZZAN, 2006; OVANDO e CUDMANI, 2004). Soluções para este limiar têm sido exploradas por professores e pesquisadores na área. Uma das soluções foi por meio da experimentação, sendo uma estratégia de ensino iminente ao processo de ensino e aprendizagem de Física nas áreas das Ciências Agrárias (SILVA e REIS, 2007; NOGUEIRA, 2008), que viabiliza uma melhor compreensão dos conhecimentos científicos, na interação entre o aprendiz e o objeto de aprendizagem, trazendo os conhecimentos abstratos para um modo concreto de aprender.

No mesmo semestre da realização da primeira intervenção com a turma da Agronomia, a UFSM disponibilizou ao público em geral (internos e externos a universidade), um minicurso sobre derivados de leite e no semestre subsequente, um minicurso de derivados de carne, ambos integrantes de um programa de inclusão social e extensão universitária. Ministrados por professores e acadêmicos do curso de Tecnologia em Alimentos, houve a participação de produtores de alimentos das mais diversas faixas etárias, de acadêmicos do curso de Química, Engenharia Química, Agronomia, Técnicos em Agropecuária, Técnicos em Alimentos, assim como da pesquisadora e do professor-orientador.

No decorrer dos minicursos, observou-se a variedade de conceitos físico-químicos presentes durante todo o processo da produção de derivados de origem animal, incluindo nesse processo a utilização de determinados equipamentos específicos de medidas, como o pHmetro, o termômetro, refratômetro e acidímetro. Os principais conceitos abordados, mesmo que indiretamente, foram densidade, volume, pressão, massa, força de cisalhamento, viscosidade (por meio da textura dos líquidos), cálculo e análise de concentração de soluto em uma solução, como por exemplo, a concentração de cloreto de sódio em uma salmoura e a concentração de

açúcar no doce de leite, verificando nesta experiência específica a dificuldade dos sujeitos para realizar cálculos de porcentagem e concentração.

Verificando a grade curricular do curso superior em Tecnologia de Alimentos da UFSM, encontrou-se a disciplina “*FSC1115 - Física para Tecnólogos em Alimentos A*”. O programa da disciplina tanto do curso de Tecnologia em Alimentos, quanto do curso de Agronomia (Anexo 1 e 2, respectivamente), demonstram semelhanças quanto ao objetivo de aprendizagem, buscando o desenvolvimento do aluno, de modo a ser capaz de identificar os princípios físicos envolvidos e suas aplicações, nos processos industriais. Assim como, conhecer e compreender a utilização de maquinários das indústrias de alimentos, como também, equipamentos de controle, medição e seleção de produtos. Percebe-se que, o objetivo é que o aluno seja capaz de identificar, compreender, avaliar e aplicar os conhecimentos científicos na sua área de atuação. Assim, partindo do pressuposto que a qualidade de um produto está relacionada à existência de profissionais competentes para transformar e inovar o setor alimentício, a pesquisa direcionou seu foco na Tecnologia em Alimentos, a fim de uma reestruturação disciplinar na intenção de acurar a formação acadêmica dos estudantes.

Entendendo a “ciência como um processo e não apenas um produto acumulado em forma de teorias e modelos” (POZO e CRESPO, 2009, p.21), o professor, das diversas áreas de ensino, depara com experiências desafiadoras na carreira de docência, que por vezes, norteia sua forma de ensinar e de lidar com o processo de ensino e aprendizagem. Portanto, é necessário que o ensino transcenda o espaço escolar e as áreas de conhecimento, a fim de promover uma formação qualificada ao exercício da profissão, resultando em profissionais críticos, reflexivos e inovadores (POZO e CRESPO, 2009). Assim, um ensino de qualidade necessita considerar a totalidade dos conhecimentos, de modo que o ensinar e o aprender Ciências, resultem em uma conexão do sujeito com a sua realidade (THIESEN, 2008). Tendo a oportunidade de ampliar os conhecimentos científicos para além da área da Física, e, na busca por estratégias que proporcionam um novo olhar para o ensino de Física aos estudantes em início de formação profissional tecnológica em alimentos, este desafio foi aceito.

1.1.1 Perfil profissional do produtor de alimentos no Brasil

Assim como a qualidade e a procedência do produto são regulamentadas e fiscalizadas por órgãos específicos, de modo a verificar a veracidade e conformidade com as leis de vigilância sanitária, padronizadas com as normas técnicas de produção de alimentos processados, o profissional tecnólogo em alimentos já formado, necessita ter seu registro no

Conselho Federal de Química (CFQ), assim como, o agrônomo deverá ter seu registro no Conselho Federal de Engenharia e Agricultura (Confea). Estes conselhos são responsáveis por regulamentar, fiscalizar, promover e orientar os profissionais ao exercício. Segundo o Código de Ética dos profissionais da Química, descrita na resolução ordinária N.º 927, DE 11.11.1970, o tecnólogo em alimentos deve zelar pro sua profissão, ter um espírito crítico e mente aberta quanto à prática tecnológica, devendo se aprofundar e especializar no estudo sobre esta ciência, buscando novas técnicas e ideias em prol da melhoria do setor (CFQ, 1970).

A qualificação e boa atuação profissional vão além dos conhecimentos “compartimentados” que, em sua maioria, são ensinados em sala de aula. A necessidade de formar profissionais qualificados ao exercício da profissão requer o desenvolvimento de capacidades e habilidades nos diversos setores da prática profissional, sendo científica, tecnológica, de produção e/ou inovação. O que difere no perfil de bons profissionais e profissionais medianos são as capacidades que aqueles desenvolvem ao identificar, interpretar, prever e solucionar situações complexas que possam intervir positivamente ou negativamente na produção de alimentos.

O ponto fundamental sobre as competências é o fato de muitos considerarem como um acúmulo de conhecimentos, porém, ao contrário do que se pensa, a competência requer ação (movimento e atitude) dos sujeitos para solucionar problemas e criar novas tecnologias. No quadro 01 é possível observar as principais atribuições dos profissionais em Tecnologia em Alimentos, o que permite uma melhor compreensão do perfil profissional almejado.

Quadro 1. Competências e Habilidades atribuídas ao tecnólogo em alimentos, segundo a Resolução N° 257, DE 29 OUT 2014.

(continua)

Profissionais da área de tecnologia em Alimentos
01 - Vistoriar, emitir relatórios, pareceres periciais, laudos técnicos, indicando as medidas a serem adotadas e realizar serviços técnicos relacionados com as atividades tecnológicas envolvidas no beneficiamento, armazenamento, industrialização, conservação, acondicionamento e embalagem de alimentos.
02 - Coordenar, orientar, supervisionar, dirigir e assumir a responsabilidade técnica das atividades envolvidas nos processos de industrialização de alimentos.
03 - Exercer o magistério na Educação de Nível Superior e de Nível Médio, respeitada a legislação específica, e participar do desenvolvimento de pesquisas, ambas as atividades, na área de processamento de alimentos.
04 - Executar análises químicas, físico-químicas, químico-biológicas, bromatológicas, toxicológicas dos insumos, produtos intermediários e finais da indústria de alimentos e no controle de qualidade dos processos químicos, bioquímicos e biotecnológicos envolvidos, utilizando técnicas e métodos instrumentais, como os gravimétricos e volumétricos.

Quadro 1. Competências e Habilidades atribuídas e ao tecnólogo em alimentos, segundo a Resolução N° 257, DE 29 OUT 2014.

(conclusão)

Profissionais da área de tecnologia em Alimentos
<p>05 - Efetuar controles fitossanitários, nas etapas de armazenamento, produção, distribuição e comercialização sempre relacionados ao desenvolvimento de soluções tecnológicas a serem utilizadas nos procedimentos industriais de obtenção de produtos alimentares.</p> <p>06 - Planejar, conduzir, gerenciar e efetuar o controle de qualidade dos processos químicos, bioquímicos e biotecnológicos, bem como das operações unitárias da indústria, utilizados nas etapas da industrialização de alimentos, desde a matéria prima, incluindo derivados, até o produto final e no tratamento de águas destinadas à indústria de alimentos.</p> <p>07 - Efetuar a inspeção das atividades produtivas, zelando pelo cumprimento das normas sanitárias e dos padrões de qualidade dos produtos alimentares industrializados.</p> <p>08 - Efetuar a aquisição, conduzir a montagem e manutenção de máquinas e equipamentos de implementos e supervisionar a instrumentação de controle das máquinas existentes nas instalações das indústrias de alimentos.</p> <p>09 - Realizar as atividades de estudo, planejamento, elaboração de projeto, especificações de equipamentos e de instalações das indústrias de alimentos.</p> <p>10 - Desempenhar outras atividades e serviços não especificados na presente Resolução e que se situem no domínio de sua capacitação técnico-científica, conforme indicar a natureza da Organização Curricular cumprida pelo profissional, a ser definido pelo Conselho Federal de Química.</p>

Fonte: CFQ (2014).

Definidas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) e inseridas nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), a orientação é que as instituições de ensino promovam um ambiente curricular que possibilitem o desenvolvimento de capacidades e habilidades científicas e tecnológicas, para encerrar, “de forma original e criativa, com eficiência e eficácia, aos desafios e requerimentos do mundo do trabalho, principalmente nas capacidades de aplicação, desenvolvimento e difusão da tecnologia” (BRASIL, 2002, p. 34).

Nota-se que as atribuições desses profissionais exigem capacidades intelectuais, habilidades e atitudes críticas e inovadoras, com vista no planejamento e avaliação de novos métodos e técnicas para promover avanços técnicos e científicos no setor Agroindustrial e aumentar a qualidade e a sustentabilidade do alimento, diminuindo os danos ambientais. O mesmo espera-se do profissional agrônomo, devendo estar em consonância com as capacidades intelectuais e habilidades técnicas, científicas e sustentáveis no ramo de alimentos, sendo uma das suas principais funções, a produção, conservação e comercialização de produtos do agronegócio.

1.1.1.1 Perfil desejado do formando do Curso Superior de Tecnologias em Alimentos da UFSM.

Estabelecido na UFSM em 2009, o Curso Superior de Tecnologia em Alimentos possibilita ao estudante “uma formação que valorize a postura ética e socialmente comprometida na realização de tarefas e na solução de problemas, a partir de uma visão ampla e interdisciplinar, para que possam atender às expectativas e necessidades sociais, políticas e econômicas” (UFSM, 2009, p.09). Assim, cabendo ao professor orientá-los no desenvolvimento de um potencial criativo, crítico, reflexivo e empreendedor do acadêmico, a fim de que este possa ser capaz de tomar decisões com consciência, coerência e ética, com responsabilidade social, cultural e ambiental (Ibid.). Esta tarefa, de ensinar o aluno a desenvolver competências e habilidades científicas na área de atuação profissional do acadêmico, muitas vezes, é deixada de lado pelos professores, quando estes não têm a formação na mesma área que os acadêmicos irão se formar.

1.2 O CAMINHO PERCORRIDO – PARTE II: RUMO À ALEMANHA.

Partindo do interesse pessoal por conhecer a Alemanha e a cultura alemã, a ideia de realizar parte da pesquisa de doutorado foi tomando forma a partir de uma conversa com o professor-orientador. Assim, o primeiro passo foi com relação ao aprendizado do idioma, o alemão. Apesar de ter certo conhecimento deste idioma, por ser de origem alemã e estar em contato desde a infância, este conhecimento precisava ser aprimorado. Assim, buscou-se a proficiência da língua alemã, através de uma instituição de ensino reconhecida por sua excelência e competência: o Instituto Cultural Brasil-Alemanha de Santa Maria (ICBA-SM³), em Santa Maria - RS.

Com os estudos do idioma alemão já em andamento, o passo seguinte foi amadurecer a ideia. Então, elaborou-se um plano de ação, tendo como principal objetivo buscar contribuições do sistema de ensino alemão para este trabalho de doutorado. Ao pesquisar por instituições de ensino que trabalhavam com o tema Física na produção de alimentos ou tópico relacionado, encontrou-se, em meados de julho de 2018, a universidade *Hochschule Osnabrück: University of Applied Sciences*, localizada na cidade de Osnabrück (noroeste da Alemanha, ver figura 01), no estado da Baixa Saxônia (*Niedersachsen*).

³ Site: <http://www.icbas.com/>.

Figura 1. Localização da cidade de Osnabrück e a divisão dos Estados Federados (*Länder*) da República Federal da Alemanha.



Fonte: Bischoff et al, 2018, p. 07.

Em contato com o professor responsável pela disciplina de Física para Tecnologia em Alimentos, da Hochschule Osnabrück, o mesmo mostrou-se solícito e favorável à realização das observações e estudos em suas aulas. Mediante esta aprovação, começou a ser estruturado o cronograma e o plano de pesquisa.

1.2.1 Linhas gerais sobre o perfil do país da Alemanha

Conforme Bischoff et al (2018), a Alemanha é formada por 16 estados federativos (figura 01), conhecidos como *Länder*, cuja competência é administrar e aplicar suas leis nos setores da segurança interna, nas escolas e instituições de ensino superior, na cultura, na política e economia de cada estado e do país. Sendo uma democracia parlamentar e federal, a Alemanha é regida pela Lei Fundamental (*Grundgesetz*), formulada e aprovada em caráter provisório em

1949. Porém, com a reunificação da Alemanha, em 1990, a Lei Fundamental passou a ter caráter permanente.

A Alemanha, sendo um país industrializado e voltado para a exportação, é considerada um dos países mais sustentáveis do mundo e está em primeiro lugar na Europa no quesito invenções (BISCHOFF et al, 2018). Tendo um viés democrático, cosmopolita e economicamente bem-sucedido, o país busca fortalecer, ainda mais, sua economia investindo nesses cinco principais setores: conhecimento, pesquisa, desenvolvimento, tecnologias e inovação (Ibid.). Sendo parte integrante dos 28 estados-membros da União Europeia, a Alemanha tem se tornado líder em inovação graças a forte interligação entre a política, economia e a ciência, conforme o site oficial da Alemanha <www.deutschland.de>.

De modo geral, os destaques da Alemanha estão muito além da potência econômica. Os investimentos na educação, saúde e qualidade de vida, na carreira e trabalho, na cultura, em energias renováveis e no incentivo a pesquisa e desenvolvimento proporcionaram o título de excelência que o país vem carregando ao longo dos anos. Em vista desses investimentos e sua boa economia, torna-se perceptível os resultados positivos para a população, que desfruta de uma melhor qualidade de vida e bem-estar pessoal, além de bons empregos, uma boa renda e moradia (OCDE, 2019a). Todavia, com uma expectativa de vida cada vez maior, atualmente na média de 78 anos, o país vem apresentando um aumento da população de idosos e um baixo índice de natalidade, o que pode representar preocupações ao setor econômico, uma vez que o mercado de trabalho necessita de mão de obra jovem e com ideias criativas. Uma das soluções encontradas está na imigração de uma população de jovens e adultos, que buscam condições melhores de trabalho e de formação profissional.

De acordo com as últimas pesquisas realizadas pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 2018/2019, a Alemanha apresentou um índice de pessoas empregadas de 75% da população com idade entre 15 e 64 anos, uma educação e qualificação profissional de 87% entre os adultos de idade entre 25 e 64 anos que completaram o ensino médio (OCDE, 2019a). Já o Brasil, que apresenta uma população de mais de 200 milhões em um território de 8.515.767,049 Km² (IBGE, 2019), o índice de emprego revela que 61% das pessoas entre as idades de 15 a 64 anos estão empregadas, e que a formação completa do ensino médio é de 49% de adultos entre 25 e 64 anos de idade, um índice abaixo da média da OCDE que é de 79% (OCDE, 2019b). Considerando uma extensão territorial 23 vezes menor que o Brasil, a satisfação de vida da população na Alemanha gira em torno de 7.0 (em uma escala de 0 a 10), comparado a 6.4 (em uma escala de 0 a 10) da satisfação de vida da população no Brasil (OCDE, 2019a, 2019b), podendo-se estimar que as melhores condições de vida, são

reflexos de um bom investimento na educação, na saúde e no emprego da população. Conforme sinaliza a OCDE (2019a),

A educação possui um papel extremamente importante em fornecer às pessoas o conhecimento, as habilidades e as competências necessárias para uma participação efetiva na sociedade e na economia. Além disso, a educação pode melhorar a vida das pessoas em áreas como saúde, engajamento cívico, interesse político e felicidade. Estudos demonstram que pessoas instruídas vivem mais, participam mais ativamente da política e da comunidade onde vivem, cometem menos crimes e necessitam menos de assistência social (OCDE, 2019a).

Em vista de excelentes precedentes profissionais e uma educação de qualidade, a Alemanha, que valoriza imensamente a ciência e a pesquisa, está entre os polos mais importantes do desenvolvimento da pesquisa e de formação acadêmica. Investimentos em ciência, ensino e pesquisa vem atraindo os olhares de vários cientistas e pesquisadores estrangeiros para o setor da pesquisa e desenvolvimento (P&D) do país alemão (BISCHOFF et al, 2018). Isto tudo é resultado de um forte investimento, mais de 3% do PIB⁴ do país, sendo aplicado nas áreas da educação e pesquisa, proporcionando o desenvolvimento de tecnologias de ponta e inovando os diversos setores da economia. Assim, em um mundo globalizado, a Alemanha vem revolucionando o setor econômico, com suas ambiciosas pesquisas de ponta, pelo engajamento em políticas externas para a internacionalização do polo científico, pelo dinamismo do setor educacional, principalmente o ensino superior (BISCHOFF et al, 2018). Direcionando o olhar para o sistema educacional alemão, este é estruturado em cinco níveis: Educação Infantil (*Kindergarten*); Educação Primária (*Grundschule*); Educação Secundária (*Gymnasium Hauptschule, Realschule*); Educação Terciária (*Fachhochschule, Universität*); Educação Continuada (EURYDICE⁵, 2019).

No sistema educacional alemão, a educação primária e secundária é obrigatória, sendo em tempo integral dos 6 aos 15 anos e por meio período por mais três anos (dos 15 aos 17/18 anos de idade). Em alguns *Länder* pode haver uma variação de um ano de idade quanto ao início e fim do ensino secundário. Portanto, a criança com seis anos de idade inicia seus estudos na educação primária (*Grundschule*) e permanece por quatro anos até ingressar na escola secundária e continuar seus estudos por mais alguns anos. A transição da escola primária para a escola secundária ocorre aos 10 anos de idade, sendo um momento decisivo para o futuro do

⁴ Produto Interno Bruto. Fonte: <https://www.deutschland.de/pt-br/topic/economia>.

⁵ Eurydice é uma Plataforma Nacional de Políticas do EACEA (Education, Audiovisual and Culture Executive Agency) formada por uma Comissão Europeia, com a tarefa de explicar como os sistemas educacionais estão organizados na Europa e suas funções. Endereço eletrônico <https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/>

aluno, pois é nesse período que é dado o passo principal que irá definir seu futuro profissional. Enquanto que no Brasil, a escolha profissional ocorre por volta do terceiro ano do ensino médio, o que corresponde à idade de 17 anos, no sistema de ensino alemão, os alunos já começam a ter sua orientação profissional ao ingressarem no ensino secundário, ou seja, aos 10 anos de idade. Dada essa responsabilidade, a função principal da *Grundschule* é alfabetizar e preparar o aluno para ingressar no ensino secundário, de modo que o aluno tenha conhecimento básico em matemática, alemão, música, esportes, arte, artesanato e religião e ingresse em escolas secundárias de excelência.

O início da educação secundária é marcado pelo direcionamento dos alunos para um dos três tipos de escolas secundárias (*Gymnasium*, *Realschule*, *Hauptschule*), através da orientação do professor aos pais. Cada escola apresenta finalidades próprias, tendo seus objetivos de aprendizagem direcionados a uma formação profissional, e o que define o tipo de escola em que o aluno prosseguirá seus estudos, é seu desempenho ao longo do ensino primário. Portanto, maiores notas levam o aluno a uma escola com um nível de ensino melhor, sendo que o caminho natural para ingressar em uma Universidade é basicamente pelo *Gymnasium*, cuja formação é de nove anos.

Para uma formação geral básica (de cinco a seis anos), que habilite ao exercício de atividades como, por exemplo, a indústria e agricultura, através de uma formação profissionalizante, os alunos são encaminhados para a *Hauptschule*. Este tipo de escola habilita o aluno para cursos técnicos e não dá acesso ao ensino superior. No entanto, se o desempenho do aluno for mediano, é possível que ele possa frequentar escolas técnicas com cursos mais adiantados e com mais prestígio, podendo optar para um direcionamento ao acesso à universidade que, por vezes, é possibilitado ao aluno a oportunidade de frequentar o segundo ciclo do *Gymnasium*, o *Realschule*, com uma formação de seis anos. No entanto, ainda que remota, existe a possibilidade do aluno redirecionar seu curso de formação profissional enquanto, ainda estiver cursando seu ensino secundário.

Ingressar no *Gymnasium* requer um desempenho escolar do aluno bem acima da média, com ótimas notas. Tendo um período de nove anos de escolaridade (5º ao 13º ano escolar), este tipo escolar apresenta uma formação bastante intensa, e ao concluir seus estudos, os alunos realizam uma prova chamada de *Abitur*, um tipo de exame vestibular que permite a entrada do aluno ao ensino superior. Esta prova é realizada uma única vez pelo aluno, sendo que a nota obtida é determinante para a escolha do curso superior. O *Gymnasium* é o tipo de escola que mais se assemelha ao modelo de educação básica do Brasil.

Em alguns Estados Federados, existe ainda um quarto tipo de escola secundária chamada *Gesamtschule*, a qual abrange os três tipos escolares, de modo que não é necessário que o aluno tenha que optar por um tipo de escola. Na *gesamtschule*, o ensino é integral e os professores buscam conduzir os alunos para suas melhores qualificações, sem precisar decidir aos dez anos de idade qual o caminho profissional a ser seguido. Esse tipo de escola secundária foi implementado posteriormente aos três tipos anteriores, o principal motivo do surgimento de um quarto tipo de escola secundária, deve-se ao fato de que a escolha que determina o futuro profissional do aluno começa muito cedo. Aos dez anos de idade, muitos alunos não têm condições de definir o caminho a ser percorrido ao longo dos próximos anos. Dessa forma, na *Gesamtschule*, os alunos têm os estudos referentes aos três tipos escolares, podendo optar por seguir uma vida acadêmica, técnica e profissional, mais adiante.

As escolas secundárias têm por princípio educacional a especialização individual do aluno, incentivando e promovendo o desenvolvimento intelectual, físico e emocional, ensinando capacidades de tomada de decisão, de responsabilidade pessoal, social e política. Portanto, o docente deve instruir e preparar os discentes de acordo com a demanda formativa da escola em questão, sendo uma formação geral que leva a uma qualificação universitária ou uma formação direcionada a um trabalho técnico. As disciplinas do ensino secundário em comum a estes tipos escolares são: alemão, matemática, língua estrangeira, ciências naturais, ciências sociais, música, arte e esporte. Na medida em que o aluno avança no curso, o professor procura intensificar a orientação profissional.

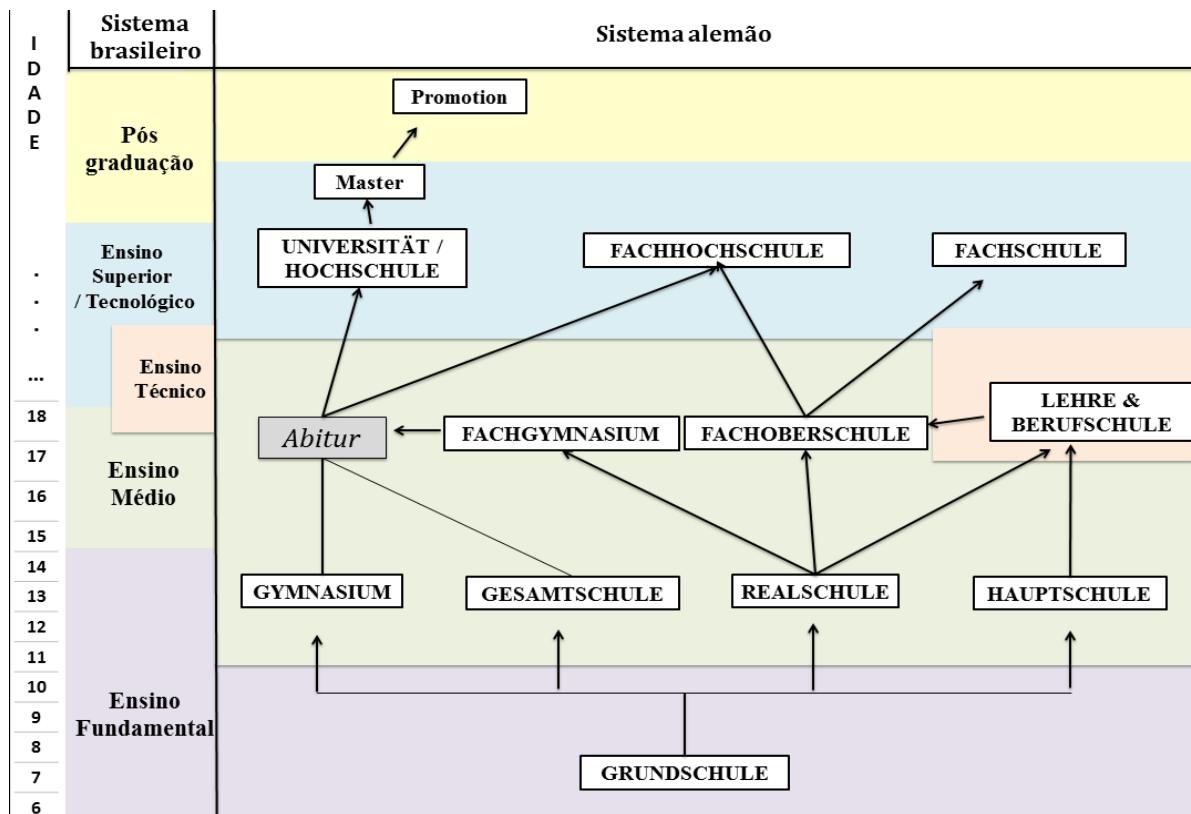
Um modelo de ensino desejado e respeitado por diversos países, tornado um importante fator no desenvolvimento da economia alemã é o chamado sistema de aprendizagem duplo ou dual, que se caracteriza pelo ensino secundário profissionalizante em termos de prática (em um local de trabalho) e teórico (em sala de aula). Neste sistema,

Os alunos dividem seu tempo entre as aulas no local de trabalho e as aulas na escola. A escola oferece o ensino geral e o ensino específico para uma profissão, enquanto os empregadores supervisionam e ministram treinamento no local de trabalho. [...]. O governo regula a qualidade do trabalho por meio de currículos de treinamento nacionais padronizados e obrigatórios, para que as necessidades de curto prazo dos empregadores não prejudiquem as metas educacionais e econômicas do sistema. (OCDE, 2019a).

Percebe-se que o caminho para a formação profissional do sujeito no sistema de ensino da Alemanha é bastante complexo aos olhos do sistema de ensino no Brasil, considerando diferentes terminologias para representar uma determinada área de formação. Em vista disto,

fez-se uma representação, em forma de esquema (figura 2), da estrutura do sistema de ensino alemão comparado com o ensino brasileiro.

Figura 2. Esquema do sistema de ensino brasileiro e do ensino alemão.



Fonte: autora.

O terceiro nível do sistema educativo refere-se ao ensino superior. Na Alemanha há três tipos de instituições de nível superior, cada uma com suas especificações (ver quadro 02).

Quadro 2. Tipos de Instituições de Ensino Superior na Alemanha.

NOME	CARACTERÍSTICA
<i>Universität (Uni)</i>	Direcionado a teoria e a pesquisa, orientada para diferentes cursos e áreas de especialização. Em algumas universidades tem cursos específicos, como as Universidades Técnicas, Faculdades de Medicina e Faculdades de Pedagogia.
Universidade de Ciências Aplicadas (<i>Fachhochschule (FH)</i> ou <i>Hochschule (HS)</i>)	Está mais direcionada a aplicação profissional do que a teoria, direcionados para áreas de tecnologia, economia, assistência social ou medicina. A aplicação está voltada ao mercado de trabalho.
Faculdade de Artes, Cinema e Música. (<i>Kunst – Film - und Musikhochschule</i>)	Para o estudante interessado no estudo de artes, moda, design, música e cinema. A ênfase aqui é tanto na teoria quanto na prática e, na maioria das vezes, requer conhecimentos prévios na área.

Fonte: baseado em <https://www.goethe.de/ins/br/pt/spr/pqe/osi.html>

A escolha pelo tipo de instituição dependerá dos interesses de carreira de cada um, podendo optar pelos seguintes campos de estudo: Medicina Humana; Engenharia; Ciências Naturais e Matemática; Medicina Veterinária, Agricultura, Silvicultura, Ecologia, Ciências da Nutrição; Direito, Economia e Ciências Sociais; Humanas; Estudos Linguísticos e Culturais e; Arte e Música (STUDY IN GERMANY, 2020). Com o intuito de promover habilidades e conhecimentos em âmbito do ensino e da pesquisa, as instituições buscam envolver o aluno em trabalhos de pesquisa científica, acadêmica e profissional.

Nas instituições de ensino superior, a graduação é proferida em dois níveis: *Bachelor* (primeiro nível de graduação) e *Master* (segundo nível de graduação). Para cursar o *Master*, um dos pré-requisitos é ter um diploma de bacharel na área ou em área similar que pretende estudar. Portanto,

O *Bachelor*, correspondente ao nosso bacharelado, é a primeira conclusão acadêmica reconhecida pelo mercado de trabalho. Ele dura de 6 a 8 semestres e é composto por módulos. Terminado o *Bachelor*, o estudante pode iniciar sua vida profissional na área ou então continuar sua formação com o *Master*, semelhante ao nosso mestrado. Para ser aceito em um *Master*, portanto, é preciso ter feito o *Bachelor* (GOETHE INSTITUT BRASILIEN, 2020).

O diploma de bacharel é concedido para o estudante como um primeiro nível de qualificação para uma profissão. Os programas de bacharelado mais comuns incluem o Bacharelado em Ciências Humanas e Sociais, o Bacharelado em Ciências (para cursos técnicos e científicos) e o Bacharelado em Engenharia (para as Ciências da Engenharia) (STUDY IN GERMANY, 2020). Após concluir os estudos no programa de bacharelado e ter obtido o diploma de bacharel, o profissional poderá iniciar sua carreira ou fazer o segundo nível de graduação, que é o mestrado. O mestrado possibilita ao acadêmico, um aprofundamento dos seus conhecimentos, permitindo ampliar e se especializar em um determinado campo. A formação no mestrado ocorre, principalmente, no Mestrado em Artes, Mestrado em Ciências e Mestrado em Engenharia, com uma duração de três a quatro semestres. Ao finalizar o curso, o profissional que desejar ampliar ainda mais seus conhecimentos ou seguir na área da pesquisa, pode fazer um curso de pós-graduação, conhecido pelos alemães como *Promotion*, que significa doutorado na língua portuguesa.

E como último nível de ensino do sistema educativo, tem-se a educação continuada, que engloba a formação profissional contínua ao longo da vida, abrangendo áreas de estudo de domínio geral, vocacional (profissional), político e social. Em termos de aprendizagem, a

educação continuada promove uma formação adicional quanto às qualificações do sujeito, em vista das competências e do desenvolvimento do sujeito.

1.2.2 Conhecendo a cidade e a Universidade de Ciências Aplicadas de Osnabrück.

A cidade Osnabrück, fundada no ano de 780, pertence ao estado da Baixa Saxônia (*Niedersachsen*), localizada no noroeste da Alemanha. Conhecida como a Cidade da Paz, foi em Osnabrück que se instalou uma das sedes do acordo de Paz de Vestfália, que pôs fim a Guerra dos Trinta Anos (1618-1648) entre católicos e protestantes. Com uma boa expectativa de vida, Osnabrück encontra-se no centro de um parque natural e, ainda, tem uma grande extensão de campo para estudo e práticas agrícolas.

Uma cidade típica alemã, com centros históricos, catedral, palácios, clubes, universidades, fontes e ciclovias, Osnabrück é uma cidade hospitaleira, que recebem turistas e estudantes de todo o mundo (conforme <https://www.osnabrueck.de/start/>). Em um de seus castelos está a Universidade de Osnabrück, onde são desenvolvidos os cursos teóricos, diferentemente da Hochschule Osnabrück, cujos cursos são direcionados à pesquisa aplicada as ciências. A Hochschule Osnabrück é constituída por quatro faculdades (centros de ensino): *Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur* (Ciências Agrárias e Arquitetura Paisagista (AuL)) no campus Haste; *Ingenieurwissenschaften und Informatik* (Engenharia e Ciência da Computação (IuI)) no campus Westerberg; *Management, Kultur und Technik* (Administração, cultura e tecnologia) no campus Lingen e; *Wirtschafts – und Sozialwissenschaften* (Economia e Ciências Sociais (WiSo)) no campus Caprivi.

Fundada em 1971, em antigas guarnições militares, a Universidade de Ciências Aplicadas Osnabrück integra mais de 14 mil estudantes, 320 professores e cerca de 1.300 funcionários e conta com um total de 100 programas de graduação nas áreas de bacharelado, mestrado e educação continuada (HOCHSCHULE OSNABRÜCK, 2020). Conhecida como uma universidade inovadora e pioneira em trabalhos na área da educação acadêmica, a Hochschule Osnabrück vê a pesquisa “como uma contribuição essencial para resolver questões práticas e socialmente relevantes” e levando em consideração o diálogo com as esferas econômicas, sociais e políticas, tem como prioridades as pesquisas em torno de “suprimentos, gerenciamento de suprimentos e TI na área da saúde; sistemas e tecnologias agrícolas; materiais e tecnologias inovadoras de materiais e; sistemas de energia, gerenciamento e direito” (HOCHSCHULE OSNABRÜCK, 2020, tradução minha).

Tendo sua visão para o futuro e para o progresso internacional, a Universidade de Ciências Aplicadas de Osnabrück busca no desenvolvimento de habilidades técnicas e interdisciplinares, as possibilidades de promover atitudes e personalidades de sujeitos de mentes abertas. Assim, o perfil almejado para os graduados é um “perfil de competências sofisticadas que lhes permita ter sucesso nos trabalhos acadêmicos, no mercado de trabalho e moldar suas carreiras, seu aprendizado ao longo da vida e seu desenvolvimento pessoal” (HOCHSCHULE OSNABRÜCK, 2020, tradução minha).

Um ensino de qualidade é uma das principais preocupações da Hochschule Osnabrück. Para isto ser possível, um contínuo processo de avaliações, diálogos e *feedbacks* entre professores, alunos, gestores e demais órgãos representativos da instituição vem sendo realizado. Portanto, a universidade, visando sua excelência, apresenta quatro princípios didáticos para o sistema de ensino:

- i. *A criação de uma comunidade de ensino e aprendizagem.* O diálogo e a comunicação formam a base da relação entre o professor e o aluno com vista a uma aprendizagem mais promissora.
- ii. *A aprendizagem como um processo autocontrolado.* Isto sugere certa liberdade de comunicação e de técnicas que permitem o direcionamento do processo pelo próprio professor, para que a aprendizagem do aluno seja possível.
- iii. *O ensino como um processo reflexivo.* A participação, reflexão e discussão por parte do aluno é essencial para que a aprendizagem aconteça. Assim, é viável que o professor proporcione esse ambiente de ensino e aprendizagem.
- iv. *Promover personalidades de ensino e aprendizagem.* Combinar a educação e a vida cotidiana em uma cultura de universidade, sendo necessário estabelecer um suporte que permita o encontro, a reflexão, a inovação, experimentação e o acompanhamento do processo.

Portanto, pode-se dizer que o processo de ensino e aprendizagem funciona como um processo de diálogo, comunicação e relação entre as partes constituintes do sistema de ensino. Para entender esse processo na formação do tecnólogo em alimentos na Alemanha, tomou-se como necessário compreender a estrutura desse curso e o perfil desses profissionais.

1.2.3 O curso de Tecnologia em Alimentos na Alemanha

A formação acadêmica alemã em Tecnologia de Alimentos está direcionada para a preparação do estudante para o mercado de trabalho, visando o desenvolvimento das

capacidades criativas e de inovação na produção de alimentos. Conforme o site <<https://www.studieren-studium.com/>>, as funções destinadas a estes profissionais, estão relacionadas com a produção, processamento, controle, higiene e inspeção de alimentos e bebidas. Com relação aos conhecimentos básicos, têm-se os conhecimentos científicos de Física, Química e Biologia, atrelados aos conhecimentos específicos de alimentos nas áreas de engenharia, nutrição, tecnologia, ecologia, legislação, gestão e comércio. O foco da formação profissional está na exigência do mercado de trabalho e no mercado consumidor, a fim de que as demandas de qualidade, variedade, conservação e praticidade sejam atendidas por estes profissionais.

A Alemanha é conhecida pela variedade de produtos no setor de panificação e produção de cerveja, além de uma qualidade ímpar no sabor, na textura e no aspecto físico do alimento. A diversidade de produtos que o país apresenta, demonstra a capacidade criativa e inovadora do setor de alimentos. Para quem deseja adquirir um diploma na área de Tecnologia em Alimentos na Alemanha deve ter como requisito principal o interesse e afinidade com a produção de alimentos e a dedicação em se reinventar e inovar o mercado de alimentos.

Quanto às competências profissionais e suas perspectivas de carreira, as funções do bacharel em ciências ou engenharia, com especialidade em Tecnologia de Alimentos, estão destinadas para a: projeção, desenvolvimento e operação de produtos e dos sistemas de tecnologia em alimentos; planejamento, controle e monitoramento de processos técnicos e científicos; demonstração de conhecimentos aprofundados sobre as ciências Física, Química, Matemática e Biologia, assim como ter um bom domínio da língua inglesa. Essas informações foram obtidas no site da *StudyScan* <<https://www.studieren-studium.com/>>.

Como profissional formado, o profissional da área de Tecnologia em Alimentos tem como possibilidades o exercício da sua profissão no: Gerenciamento das indústrias de alimentos; Gerenciamento da produção, controle e qualidade dos alimentos; Gerenciamento de projetos; Planejamento de sistemas e processos; Desenvolvimento de novos produtos; Gerenciamento em compra, marketing e vendas; Gerenciamento da cadeia de suprimentos; Segurança dos alimentos; Gestão e monitoramento de alimentos; Desenvolvimento de design de produtos; Fisiologia nutricional; Processos de tratamento na indústria de alimentos e nas áreas de ensino e pesquisa, conforme o site <<https://www.hochschulkompass.de/>>.

1.1.1.2 Formação em Tecnologia em Alimentos na Hochschule Osnabrück

Localizada no campus Haste, a Faculdade de Ciências Agrárias e Arquitetura Paisagista abrange onze programas de bacharelado e seis programas de mestrado. O campus é rodeado por uma vasta área verde, com vários laboratórios experimentais, biblioteca, salas de aula, refeitório, estufas, assim como, o Centro de Pesquisa de Estudos sobre Alimentos. A faculdade abrange três principais áreas temáticas: Agricultura, Tecnologia em Alimentos e Engenharia Industrial.

Portanto, o programa de graduação que permite a formação com especialização em produção de alimentos nesta faculdade é a “Engenharia e Negócio Agroalimentares”, com obtenção do título de Bacharel em Engenharia. Neste programa, os alunos estudam todo o processo de produção do alimento, ou seja, da matéria-prima até o consumidor. Assuntos como as ciências naturais, tecnologia e economia, constituem o percurso do estudo em todos os módulos de ensino. Isto sugere uma formação que possibilite e habilite o profissional em solucionar problemas técnicos e de negócio na produção de alimentos, unindo o conhecimento da produção com a experiência de gestão, conforme salientado pelo programa. Como competências essenciais, tem-se a qualificação nas áreas de aquisição de matéria-prima, produção e logística, marketing e distribuição, desenvolvimento de produtos, comunicação e apresentação, gestão e cooperação, gestão de conflitos e crises.

O programa de graduação “Engenharia e Negócios Agroalimentares” apresenta três especialidades: a Produção de Alimentos, Engenharia Agrícola e de Biosistemas e Gestão Agroalimentar. Considerando o teor desta pesquisa e as três especialidades, pode-se dizer que o estudo sobre a Física dos alimentos, tem seu destaque na primeira especialidade, ou seja, na Produção de Alimentos. Dividida em seis semestres, o curso apresenta diferentes módulos de ensino distribuídos ao longo dos semestres, sendo que o módulo “Física dos Alimentos” está inserido no segundo semestre do curso. Em relação aos laboratórios de estudos, cada programa de graduação possui inúmeros laboratórios para estudos e pesquisas. Na Tecnologia de Alimentos, um dos laboratórios é o de Física e Tecnologia dos Alimentos em que são feitos os estudos sobre as propriedades dos alimentos e a análise da qualidade desses produtos.

Na Universidade de Ciências Aplicadas de Osnabrück, além dos módulos (disciplinas) existe um período, de uma semana, em que não são realizadas atividades em sala de aula. Neste período, chamado de *Block Week*, os alunos realizam diferentes tarefas para qualificar e ampliar os conhecimentos científicos, técnicos e práticos, sendo que grande parte desses *Block Week* são destinados para excursões para indústrias, feiras, entre outras, relacionado a área de

especialização dos alunos. Pode-se dizer que é um momento em que os alunos saem do universo da universidade e se inserem na sociedade para buscar conhecimentos que agreguem na sua formação.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

De que maneira o Ensino Explícito, pode vir a contribuir positivamente na formação científica e qualificação profissional de acadêmicos do curso de Tecnologia em Alimentos?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.4.1 Objetivo Geral

Avaliar as contribuições de uma proposta didática de ensino de Física e Química, na formação científica e profissional de acadêmicos do curso de Tecnologia em Alimentos, a fim de que reconheçam e compreendam os fenômenos ligados à vida cotidiana do produtor de alimentos, fornecendo, assim, os subsídios necessários para acompanhar o desenvolvimento de novos conhecimentos nas demais disciplinas do curso de Tecnologia de Alimentos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar na literatura, as pesquisas realizadas que relacionam o ensino de Ciências no desenvolvimento de competências e habilidades científicas e, ainda, o ensino de Ciências relacionadas com as Ciências dos alimentos;
- Desenvolver uma proposta didática de ensino de Física e Química articulada à vida cotidiana do profissional produtor de alimentos, tendo por referencial teórico o Ensino Explícito;
- Implementar a proposta didática em uma turma do curso de Tecnologia em Alimentos;
- Investigar a prática de ensino de Física no curso de Tecnologia em Alimentos em uma instituição na Alemanha;
- Avaliar a proposta didática planejada e implementada no curso de Tecnologia em Alimentos na UFSM.

2. O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM NO ENSINO SUPERIOR

Com o passar dos anos, o sistema de ensino se revelou bastante desafiador e complexo para os professores das mais diversas áreas de ensino. Atualmente, não basta simplesmente ensinar os conceitos, as leis e teorias, é necessário que o aluno aprenda e compreenda esses conhecimentos, mas acima disso, que ele desenvolva as competências científicas essenciais à futura profissão. Afinal, quando o sujeito busca uma formação acadêmica “espera-se que, ao final do curso, tenha agregado conhecimentos, atitudes e habilidades, [...] que lhe deem condições para exercer uma profissão” (MIRANDA, CASA NOVA, LEAL, 2018, p. 05).

Um ensino de qualidade tem por exigência professores com capacidades formativas, intelectuais e afetivas que prepara seus alunos para o mercado de trabalho. Alunos que tenham capacidades para pensar criticamente, construir explicações sobre os fenômenos e conceitos relacionados e que consigam aplicar seus aprendizados em sua vida (HATTIE, 2009), que aperfeiçoem suas capacidades de análise, síntese e avaliação do progresso científico e social (GIL, 2012). Um ensino, onde o professor ensine seus alunos a pensar (GONÇALVES, 2016) e mostre a eles o que é primordial aprender (HATTIE, 2009).

No sistema de ensino em Nível Superior, é fundamental que as ações dos sujeitos pertencentes a este sistema estejam bem esclarecidas quanto à formação acadêmica e profissional. Com as mudanças que ocorrem ao longo dos anos, principalmente no sistema de Ensino Superior, o processo de ensino e aprendizagem já não se sustenta em simplesmente “ter conhecimento científico”, mas no “ser capaz de” produzir, desenvolver, aprimorar estes conhecimentos. Sobretudo, um sistema que inclui o sujeito e desenvolve nele, capacidades de pensar por si mesmo, de agir e criar suas próprias respostas, obtendo suas conclusões baseadas no conhecimento científico, mas não se limitando a ele (PERRENOUD, 1999).

Entendendo a aprendizagem como uma mudança de comportamento do sujeito ao interagir com o meio externo (ANTUNES, 2002; PERRENOUD, 2002; LUCKESI, 2006; DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2007; POZO e CRESPO, 2009; GONÇALVES, 2016), é a partir das diferentes experiências de vida e de transformação cognitiva que o sujeito vai adquirindo novos conhecimentos e desenvolvendo novas habilidades. Conforme Masetto (2012, p. 45) a aprendizagem é “um processo de crescimento e desenvolvimento” do sujeito em distintas áreas formativas, como “o conhecimento, o afetivo-emocional, as habilidades e as atitudes ou valores” (MASETTO, 2012, p. 28). Nesta mesma linha de pensamento, ou seja, de mudança de comportamento, Gauthier, Bissonnette e Richard (2014, p.65) descreveram que o aprendizado está “intrinsecamente ligado a função memorial

no sentido vasto do termo, responsável pela construção, organização, codificação e recuperação dos conhecimentos”. Fato que atribui ao desenvolvimento do comportamento cognitivo o principal propulsor da aprendizagem.

Para os mesmos fins do Ensino Superior, tem-se, ainda, a compreensão de Gil (2018) sobre o processo de aprendizagem, sendo considerado um “processo de aquisição de conhecimentos, desenvolvimento de habilidades e mudança de atitudes em decorrência de experiências educativas” (GIL, 2018, p.67), por meio de diferentes fatores (intrínsecos e extrínsecos) que venham a interferir no aprendizado. Uma especial atenção é dada ao fator motivação (GIL, 2011,2018), sendo crucial para o processo, visto que o reconhecimento por parte do estudante, da necessidade de aprender é um ponto de partida para iniciar o processo de ensino e aprendizagem.

Portanto, o docente deve conhecer quais são as predileções e as necessidades desses alunos (SANTOS, 2001) e oferecer “condições favoráveis e necessárias para seu desenvolvimento e para um bom desempenho” (BONADIMAN e NONENMACHER, 2007, p.219), estimulando-os a buscarem os conhecimentos científicos necessários, além de garantir que tais conhecimentos façam parte da estrutura cognitiva do aprendiz.

Portanto, entender o processo formativo em amplo aspecto, traz a tona à necessidade de um planejamento estruturado e consolidado, que exija “organização, previsão, sistematização e decisão como forma de alcançar um objetivo” (MAGRI, 2016, p.28), de modo que o professor tenha muito bem claro o que pretende ensinar e como o fará. Um planejamento em que a tomada de decisão no que concerne ao conteúdo, tempo, número de alunos, recursos, materiais necessários e sequência de ensino, sejam pensados e muito bem explicitados, ou seja, um planejamento que tenha esclarecido: “para quê, para quem, o quê, quando e como ensinar” (LEME, 2007, p. 108/109). Que tenha incluso os saberes prévios dos educandos, o diálogo, como forma de otimizar a relação entre o professor e os alunos, as habilidades de comunicação do professor e, sempre que possível, o uso de novas tecnologias (BALDOINO, 2012).

Em síntese, o processo de ensino e aprendizagem no Ensino Superior deve ter um ponto de partida e um ponto de chegada, com a descrição de todas as etapas desejadas ao longo desse processo, demonstrando um bom desempenho na aprendizagem destes alunos. Dessa forma, encontrou-se no modelo de *Ensino Explícito*, contribuições significativas para tal efeito.

2.1 ENSINO EXPLÍCITO NA PRÁTICA EDUCATIVA: TEORIA E IMPLICAÇÕES

Pensar e estruturar o processo de ensino e aprendizagem nem sempre se tornou uma tarefa fácil, considerando que a aprendizagem ocorre de forma gradual e em diferentes momentos e tempo, pelos indivíduos. Para Bloom, Hastings e Madaus (1983), o professor deve planejar o ensino em pequenas unidades, apresentando o conteúdo em uma estrutura simples e concreta, prosseguindo para uma estrutura mais complexa e abstrata, onde um conteúdo relativamente complexo desdobra-se “em uma série de elementos ou passos menores, buscando, assim, uma forma de auxiliar cada aluno a aprender estes elementos” (BLOOM, HASTINGS, MADAUS, 1983, p.19). Uma forma de estruturar o ensino que permite ao aluno aprender sem que haja uma sobrecarga de informações, em um curto período de tempo. A este modo de ver o ensino Barak Rosenshine definiu como o Ensino Explícito.

O *Ensino Explícito* refere-se a um modelo de ensino estruturado, sistemático e direto, sendo planejado e executado em pequenos passos, procedendo do simples ao complexo (GAUTHIER, BISSONETTE e RICHARD, 2014). Este modelo de ensino, também descrito como ensino eficaz, devido aos efeitos positivos causados no desempenho do aluno (HATTIE, 1999, 2009), considera o professor como o “fator de maior impacto no desempenho dos alunos que lhe são entregues” (GAUTHIER, BISSONETTE e RICHARD, 2014, p. 29). Esta forma direta e sistemática de ensinar considera:

[...] os elementos que se deve levar em conta para preparar sistematicamente o que será ensinado (o design e planejamento das aulas) e delimita as estratégias que se deve instaurar para garantir uma interação eficaz com os alunos, no intuito de facilitar o aprendizado de conteúdos ou habilidades, bem como as estratégias de consolidação e automatização dos saberes adquiridos. (GAUTHIER, BISSONETTE, RICHARD, 2014, p.65).

O termo *Ensino Explícito* surge a partir das pesquisas sobre os modelos instrucionais de ensino, sendo o idealizador desse termo e de seus procedimentos, o psicólogo doutor Barak Rosenshine. Foi em 1976, estudando o projeto do *Follow Through*, que Rosenshine direcionou suas pesquisas para compreender pontos comuns na prática de professores eficazes, analisando as estratégias e as instruções aplicadas a esta prática (APPY, 2018). Segundo Rosenshine (2008), professores eficazes são aqueles, cujos alunos obtiveram maiores ganhos em desempenho devido aos procedimentos instrucionais utilizados.

O projeto *Follow Through* foi o maior projeto sobre a educação realizado nos EUA, cujo objetivo foi avaliar a eficácia de abordagens pedagógicas no desempenho dos alunos de áreas

menos favorecidas socioeconomicamente, levando em consideração a aprendizagem em leitura, escrita e cálculo e as habilidades intelectuais e afetivas (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2010). Este projeto buscou entender e estabelecer um modelo de ensino que melhor atendesse às necessidades educacionais daquela realidade. Contudo, ao longo dos anos, foi sendo observado que a prática de um ensino instrucional trazia vantagens não só para os meios com desvantagens socioeconômicas, mas para todo o sistema de ensino.

No Ensino Explícito, os alunos são constantemente solicitados a explicitar suas formas de pensar e agir, como também, são acompanhados no decorrer de todo o processo de aprendizagem. Isto permite ao professor ter maior clareza sobre as ideias e o nível de compreensão de seus alunos, fornecendo-lhes ferramentas cognitivas adequadas, as quais vão sendo retiradas à medida que o aluno vai progredindo (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014). Essas ferramentas cognitivas ou procedimentos instrucionais, chamadas de *scaffold* (andaime) “não são apenas úteis para ensinar habilidades bem estruturadas, mas também fornecem o suporte de que os alunos precisam para lidar com estratégias de pensamento de nível superior” (ROSENSHINE e MEISTER, 1992, p.26). Alguns desses suportes podem ser observados no quadro 03.

Quadro 3. Os Princípios Instrucionais (andaimes) definidos por Barak Rosenshine.

PRINCÍPIOS INSTRUCIONAIS
<ul style="list-style-type: none"> • Comece uma lição com uma breve revisão do aprendizado anterior. • Apresente novo material em pequenas etapas com a prática do aluno após cada etapa. • Limite a quantidade de material que os alunos recebem de uma só vez. • Dê instruções e explicações claras e detalhadas. • Faça um grande número de perguntas e verifique se há entendimento. • Proporcionar um alto nível de prática ativa a todos os alunos. • Oriente os alunos quando eles começarem a praticar. • Pense em voz alta e modele as etapas. • Peça aos alunos que expliquem o que aprenderam. • Verifique as respostas de todos os alunos. • Fornecer feedback e correções sistemáticas. • Use mais tempo para fornecer explicações. • Forneça muitos exemplos. • Re-ensine o material quando necessário. • Preparar os alunos para a prática independente. • Monitore os alunos quando eles começarem a praticar independentemente.

Fonte: Rosenshine (2010, p. 07; 2012, p.19, tradução minha).

Esses andaimes são partes constituintes de um núcleo instrucional maior, definido por Rosenshine e Stevens (1986) como: modelagem (demonstração), prática guiada e prática independente. Essas três etapas permitem que os alunos aprendam de modo gradual, inicialmente com a ajuda do professor, reduzindo este auxílio até atingir a prática autônoma (independente), ou seja:

O primeiro passo é a demonstração do que deve ser aprendido. Isso é seguido pela prática orientada do aluno, em que o professor conduz os alunos na prática, fornece instruções, verifica a compreensão e fornece correções e repetições. Quando os alunos estão firmes em sua aprendizagem inicial, o professor os move para a prática independente, onde os alunos trabalham com menos orientação. O objetivo da prática independente é fornecer prática suficiente para que os alunos alcancem a superaprendizagem, [...] demonstrem rapidez e competência (ROSENSHINE e STEVENS, 1986, p. 07, tradução minha).

De acordo com Rosenshine e Stevens (1986) é importante que o professor estabeleça e apresente os objetivos de aprendizagem aos seus alunos, que forneça demonstrações explícitas e o passo a passo do novo material a ser estudado em aula, sempre contando com o auxílio de vários exemplos e aplicações, assim como, de procedimentos que permitem verificar se todos os alunos entenderam o conteúdo, para então, prosseguir para a próxima etapa. Isto requer o conhecimento, por parte dos professores, sobre como a mente adquire, processa e utiliza a informação e quais procedimentos são mais bem-sucedidos para a prática, considerando quem são os alunos, o que sabem e como aprendem (ROSENSHINE, 2010).

2.1.1 As seis funções do ensino segundo Rosenshine e Stevens (1986).

No ano de 1986, Barak Rosenshine e Robert Stevens publicaram um estudo apresentando seis funções do ensino que visam sua eficácia, permitindo ao aluno executar tarefas de forma mais ativa a partir de uma prática inicial guiada, resultando em uma prática de ensino bem-sucedida (ROSENSHINE e STEVENS, 1986). As seis funções do ensino estão descritas no quadro 04, sendo que, cada função representa uma etapa a ser seguida a fim de estabelecer o processo de aprendizagem em pequenos passos, sempre visando o simples e se estendendo a aprendizagem mais complexa.

Quadro 4. As seis funções do ensino segundo Rosenshine e Stevens (1986).

Descrição das Funções do ensino
<p>1. Revisão diária</p> <p>Os alunos apresentam um bom desempenho em aulas que começam com a revisão do conteúdo e a verificação da lição de casa. A revisão auxilia e fortalece as conexões entre os materiais e conteúdos estudados anteriormente. Esta é uma forma de reforçar o aprendizado anterior e de lembrar, de forma mais rápida e automática, os conceitos e procedimentos.</p>
<p>2. Apresentação do novo conteúdo em pequenas partes</p> <p>A apresentação do novo conteúdo em pequenos passos permite melhor apropriação dos conceitos sem sobrecarga de informação. É importante que o professor forneça uma visão geral sobre o que pretende ensinar, explicitando os objetivos de aprendizagem, utilizando constantemente o diálogo com seus alunos, questionando-os e solicitando explicações sobre suas respostas. Assim como, realize, corriqueiramente, a modelagem e o pensamento em voz alta, o que permitirá ao aluno saber o ponto de partida e o ponto de chegada do estudo. Neste processo, o professor fornece ilustrações, modelos e exemplos concretos suficientes para que o aluno consiga aprender a resolver o problema mais rápido.</p>
<p>3. Prática guiada</p> <p>O sucesso na aprendizagem do aluno depende diretamente de como o professor utiliza as estratégias de ensino e guia sua prática, mas, em especial, quando o aluno tiver realizado prática suficiente para recuperar com mais facilidade e rapidez os novos conhecimentos. Entretanto, o professor deve garantir a participação ativa de todos os alunos e fornecer feedbacks e orientações que propicie ao aluno, trabalhar independentemente.</p>
<p>4. Correções e feedback</p> <p>Verificar as compreensões dos alunos durante todo o processo de ensino, e não somente ao final da unidade, ajuda ao aluno aprender o novo material com o mínimo de erros possíveis. Assim, apresentar <i>feedback</i> constantes durante a aula, permite ao professor verificar o quanto os alunos estão aprendendo e se estão aprendendo corretamente, sendo que, quanto mais rapidamente for dado o <i>feedback</i>, melhor será a aprendizagem. O professor deve instruir e fornecer suportes temporários para a realização da tarefa. À medida que os alunos vão aprendendo e se tornam competentes, esses suportes são retirados, passando a realizar as tarefas com maior independência. O incentivo positivo, elogiando seus esforços, favorece o processo de aprendizagem do aluno. O erro deve ser acolhido. O erro demonstra que o aluno ainda não está firme com o conhecimento, necessitando, assim, de mais prática.</p>
<p>5. Prática Independente</p> <p>Uma vez que os alunos compreendam o conteúdo de forma mais autônoma, a prática guiada passa para a prática independente, onde o aluno realiza as atividades, muitas vezes individualmente, praticando o número de vezes que for necessário para se tornar fluente nesta nova habilidade. Portanto, para uma prática bem-sucedida é necessário que o aluno pratique o superaprendizado (extensa prática que resulta em processos automáticos).</p>
<p>6. Revisões semanais e mensais</p> <p>Quanto maior for a necessidade de obter conexões dos conhecimentos novos com os anteriores, amplificando seu campo de conhecimento e suas capacidades, maior será a necessidade de obter uma revisão periódica destes conhecimentos, resultando em um melhor desempenho do aluno em sala de aula e fora dela. É notório também, que um número significativo de revisão proporciona uma melhor capacidade de adquirir e recuperar de forma mais automática, os conhecimentos já apreendidos, sem exigir muito esforço para tal.</p>

Fonte: Texto baseado nos artigos de Rosenshine e Stevens (1986) e Rosenshine (2010).

2.1.2 Psicologia Cognitiva e o Ensino Explícito.

No Ensino Explícito, a aprendizagem está fortemente relacionada à estrutura cognitiva do sujeito, isto é, a sua função memorial. Sob a ótica da Teoria Cognitiva, “a mente é um sistema de processamento de informações” (GAUTHIER, 2014b, p. 450). É nela, onde estão organizados e armazenados todos os conhecimentos aprendidos e que serão utilizados para conectar e compreender novos conhecimentos. Na fase cognitiva, que “implica a construção de uma representação adequada da tarefa a executar, seguida de uma série de tratamentos efetuados nessa representação, no intuito de realizar a tarefa [...]” (GAUTHIER, BISSONNETTE, RICHARD, 2014, p.70), as estruturas cognitivas são constantemente solicitadas a fim de encontrar um sentido ou uma compreensão sobre a informação a ser processada.

A cognição, portanto, representa o local onde ocorre a aprendizagem, assim como, qualquer outra atividade mental, como por exemplo, a “memorização, a automatização de procedimentos, a compreensão de conceitos, o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas” e a atenção (CRATO, 2009, p. 149). Embora a função do ensino seja desenvolver esta estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, sua aprendizagem, esta não se concretiza de qualquer forma, por isso, o Ensino Explícito aponta guias instrucionais com a intenção de desenvolver, da melhor forma possível, a estrutura cognitiva do sujeito.

Segundo os estudos em Psicologia Cognitiva, Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) apontam para três sistemas de registros que realizam o tratamento da informação a respeito das características estruturais, denominada de arquitetura cognitiva do sujeito. Estes três sistemas memoriais são compostos pela: memória sensorial, a memória de curto prazo, também conhecida como memória de trabalho e a memória de longo prazo (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014).

A *memória sensorial* acontece pelo estímulo de uma dos cinco sentidos humanos (audição, visão, olfato, paladar e toque), ocorrendo em poucos milésimos de segundos. As informações sensoriais, quando úteis, são movidas para a memória de trabalho, onde são tratadas. O que se sabe, é que o “ser humano possui a singular capacidade de se lembrar por um breve período de uma parte relativamente grande de informações que ele percebe” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p. 66). Logo, as memórias sensoriais são os primeiros estímulos recebidos pela cognição humana.

A *memória de trabalho* é onde as informações são processadas. As informações recebidas na memória de trabalho são limitadas pelo tempo e quantidade de informação que possa processar de uma só vez. Portanto, ela tem a ver com “o número de unidades de

informação com o qual o cérebro humano consegue trabalhar simultaneamente” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014 p. 68), podendo ocorrer em um prazo de cinco a vinte minutos, contendo até sete unidades de informações para um adulto médio, conforme salienta estes autores.

Em contrapartida, a *memória de longo prazo* é um “reservatório ilimitado de conhecimentos” (GAUTHIER, 2014b, p. 450). Na memória de longo prazo, “todo novo saber se insere através de um entrelaçamento com os conhecimentos anteriores” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p. 67). Isto permite que as informações ao serem armazenadas na memória de longo prazo formam uma rede de conexões, chamadas de estruturas de conhecimento. Portanto, novas informações tornam-se mais fáceis de serem processadas quanto mais conexões forem possíveis. Assim, quando “a estrutura de conhecimento sobre um determinado tópico é grande e bem conectada, novas informações são adquiridas mais prontamente e o conhecimento prévio está mais prontamente disponível para uso” (ROSENSHINE, 2007, p.03, tradução minha).

Quando a memória de trabalho recebe muitas informações novas ao mesmo tempo, sua memória fica sobrecarregada, causando a “sobrecarga cognitiva” (Rosenshine, 2007, p. 03), o que resulta em uma limitação de informações a serem armazenadas na memória de longo prazo. Esta capacidade cognitiva limitada pode restringir a qualidade do processo de ensino e aprendizagem, tornando-o, por vezes, ineficaz. Este fato vem corroborar com os dizeres de Rosenshine e Stevens (1986) quando descrevem que:

[...] ao ensinar material novo ou difícil, o professor deve seguir pequenos passos e praticar em um passo antes de adicionar outro. Dessa forma, o aluno não precisa processar muito de uma só vez e pode concentrar sua atenção um tanto limitada no processamento de informações ou habilidades de tamanho gerenciável. Além disso, um professor pode ajudar os alunos revisando conhecimentos prévios relevantes. Essa revisão pode fornecer ao aluno uma estrutura cognitiva para codificar o novo material [...] (ROSENSHINE e STEVENS, 1986, p. 04).

Ao compreender o funcionamento do sistema cognitivo humano, é possível que o professor consiga intervir diretamente no desenvolvimento de seus aprendizes, fato este, que torna o professor o fator de maior influência na aprendizagem de seus alunos (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014; GAUTHIER, 2014a).

2.1.3 A eficácia do professor no desempenho de seus alunos.

Ter conhecimento sobre a forma que o professor atua em sua prática e como esta afeta o desempenho dos alunos é que torna possível saber se o professor agrega ou não valor na aprendizagem de seus alunos (CHRISTOPHE, 2015). Portanto, é compreender o que os professores sabem, fazem e como se preocupam com a aprendizagem de seus alunos, que define o quão bem-sucedido serão em seu processo de ensino.

Dado o significativo interesse e importância ao valor que o professor vem a causar em seus alunos, é fundamental que suas práticas sejam “diretas, influentes e visíveis aos seus alunos” (HATTIE, 2009, p. 36, tradução minha). Que sua participação agregue valor no desempenho do aluno e que este se torne mais ativo durante o processo. Enfim, que os efeitos sejam positivos no processo de aprendizagem, contribuindo para o que Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) descreveram como o *efeito professor*, devido às capacidades e habilidades cognitivas que o professor tende a causar na aprendizagem de seus alunos, sendo eficiente em seu modo de ensinar, direcionando o ensino da maneira mais visível (explícita) e direta possível para que seus alunos tornem autores de seu próprio processo de aprendizagem.

Trabalhar nessa concepção de processo de ensino e aprendizagem exige do professor a experiência e competência para “modular suas estratégias pedagógicas em função do nível de competência dos alunos, do tempo disponível e da complexidade da tarefa a realizar” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p.60), que “decide as intenções de aprendizagem e os critérios de sucesso”, tornando o ensino o mais visível possível para seus alunos (HATTIE, 2009, p. 206).

Portanto, é preciso um professor que demonstra, orienta e redireciona sua prática ao perceber as dificuldades de seus alunos em compreender. Um professor que avalia o que entenderam e como os alunos demonstram seus conhecimentos em outros contextos. Um professor que veem “a si mesmos como avaliadores dos seus efeitos sobre os alunos”, assim como, aprendizes do seu próprio processo de ensino (HATTIE, 2017, p. 14).

De maneira geral,

O que funciona em sala de aula passa pelo resgate do professor. E o resgate do professor requer o que funciona em sala de aula: ensinar bem é uma arte, sem dúvida, mas uma arte informada pela ciência. Professores não nascem eficazes: eles são eficazes porque usam métodos eficazes de ensino. E as escolas eficazes são aquelas que reúnem mais desses professores e criam as condições para que eles consigam ajudar os seus alunos a aprender mais e melhor (OLIVEIRA, 2009, p.18).

Dito isto, é preciso ter em mente que professores eficientes buscam focar o processo de ensino em estratégias que auxiliem o aluno no seu desenvolvimento cognitivo, cujo foco seja fornecer práticas ativas, *feedbacks* e conexões entre conhecimentos novos e os conhecimentos anteriores. Em que o processo de ensino seja transparente aos alunos e o processo de aprendizagem esteja claro ao professor (HATTIE, 2009, 2017). E que, acima de tudo, os professores saibam avaliar e aprender com seus próprios processos de ensino.

2.2 O ENSINO EXPLÍCITO E A GESTÃO DE APRENDIZAGEM

Para Gauthier, Bissonnette e Richard (2014), o cerne da prática educativa do professor está relacionado a duas funções pedagógicas fundamentais, a de *instruir* e *educar*, os quais denominaram como Gestão de Aprendizagem e Gestão de Classe. A Gestão de Aprendizagem refere-se as “estratégias que os professores mobilizam para fazer os alunos aprenderem conteúdos (saberes, habilidades, regras)”, ou seja, envolve aspectos relacionados a estrutura cognitiva do aprendiz. No que diz respeito à Gestão de Classe, esta é entendida como os “comportamentos que o professor deseja que os alunos adotem em sua aula e que facilitam o aprendizado e a convivência” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p. 23), ou seja, refere-se a preparar uma sala de aula que estejam em condições favoráveis para que o processo de aprendizagem seja estabelecido.

O fato de a aprendizagem ser vista e entendida de uma maneira mais clara e objetiva, o Ensino Explícito vem facilitar esse processo, uma vez que, as suposições, os erros e maus entendidos sejam evitados ou corrigidos, quando o conteúdo seja apresentado o mais explícito possível. Todavia, é relevante que o professor considere em seu processo de ensino, três ações, que tem como característica evitar e corrigir os erros e mal entendido. Estas três ações referem-se à: “dizer, mostrar, guiar” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014 p. 64).

Dizer, no sentido de explicitar, para os alunos, as intenções e objetivos visados na aula. *Dizer*, também, no sentido de lhes tornar explícitos e acessíveis os conhecimentos anteriores de que eles precisarão. *Mostrar*, no sentido de fazer com que a tarefa a realizar se torne explícita para os alunos, executando-a diante deles e enunciando ao mesmo tempo em voz alta o raciocínio seguido. *Guiar*, no sentido de levar os alunos, através de perguntas, a explicitarem seu raciocínio implícito em situação prática e lhes fornecer um *feedback* apropriado, para que eles possam construir conhecimentos adequados antes que os erros se cristalizem em sua mente. Em suma, dizer, mostrar e guiar, no intuito de apoiar os alunos o máximo possível e dar arcabouço ao aprendizado deles. (GAUTHIER, BISSONNETTE, RICHARD, 2014, p.64/65, grifo dos autores).

Estas três ações têm grande relação a dois procedimentos instrucionais descritos por Rosenshine e Stevens (1986), sendo estes, a modelagem e a prática guiada. Estes procedimentos compreendem, inicialmente, ações mais individuais do professor ao apresentar os objetivos de aprendizagem, seguido pela apresentação e demonstração dos conteúdos e, por conseguinte, em uma ação conjunta entre professor e alunos. Uma relação em que as ações dos alunos, dependem do nível de competência de seus alunos, da complexidade da tarefa a ser realizada e do tempo disponível para sua realização (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014). O que sugere conhecer de antemão o que o aluno já sabe e realizar as ações de ensino considerando estes conhecimentos, tornando o processo mais direto e efetivo, sem muitos desvios no percurso. Dessa forma, os conhecimentos prévios dos alunos tornam-se a porta de entrada para iniciar o processo de ensino e aprendizagem. É a partir dela que o professor poderá ajustar sua prática, para que o nível de orientação do ensino esteja em conformidade ao nível de compreensão e desenvolvimento do aluno.

Em virtude da natureza do Ensino Explícito, os autores Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) elaboraram um modelo de ensino para a Gestão de Aprendizagem e Gestão de Classe, denominada de *modelo PIC*. Este modelo leva em consideração: 1) a preparação e o planejamento do ensino; 2) o ensino propriamente dito; 3) o acompanhamento e a consolidação dos aprendizados (GAUTHIER, BISSONNETTE, RICHARD, 2014, p.63), correspondendo a sigla PIC (Preparação, Interação e Consolidação).

2.2.1 Preparação.

O primeiro momento “corresponde ao trabalho de planejamento do professor, tudo o que ele tem a intenção de fazer para favorecer os aprendizados de seus alunos” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p.115). A preparação vai desde a organização do programa, preparação do material, definição dos objetivos de aprendizagem, assim como, as instruções a serem realizadas e a organização da avaliação para analisar o desempenho dos alunos. Todavia, a fase da preparação demanda um estudo pormenorizado dos assuntos a serem abordados no decorrer do ano letivo, a partir da apropriação do currículo de modo que o professor o adapte a seu jeito, mas levando em consideração o contexto ao qual a prática será inserida. Portanto, “para ensinar bem, é preciso estar bem preparado” (Ibid., p. 118).

A fase da preparação é iniciada com a verificação dos principais componentes de ensino e as possíveis dificuldades a serem enfrentadas durante o processo, para assim, estabelecer os critérios e os elementos que irão modelar a estratégia. Portanto, a preparação e o planejamento

do ensino devem integrar um conjunto de elementos e etapas que servirão de base para estruturar a estratégia, como descritas no quadro a seguir.

Quadro 5. Elementos do conjunto de estratégias utilizados na fase da Preparação.

CONJUNTO DE ESTRATÉGIAS	DESCRIÇÃO
<i>Definir os objetivos de aprendizado</i>	<ul style="list-style-type: none"> Definir o que se espera dos alunos no final da aula. (<i>comportamento + conteúdo + condições</i>) Este passo permite ao professor selecionar melhor as atividades de aprendizagem adequadas e facilita a avaliação da aprendizagem.
<i>Delimitar as ideias mestras (principais)</i>	<ul style="list-style-type: none"> É preciso distinguir o conteúdo essencial dos secundários. As ideias-chaves são os principais conceitos centrais, conhecimentos básicos de que os professores devem ensinar definitivamente. Deve-se identificar a frequência e a importância delas no currículo; Deve-se reuni-las por temas e categorias, determinando o tempo de aula que será dedicado a cada tópico.
<i>Determinar os conhecimentos prévios</i>	<ul style="list-style-type: none"> Planejar como os conhecimentos prévios dos alunos serão verificados e abordados durante a prática. Dar um intervalo de tempo entre o ensino de conhecimentos prévios e o de conhecimentos novos, ou seja, definir um tempo para rever os conhecimentos anteriores e apresentar os novos conhecimentos.
<i>Integrar estrategicamente vários tipos de conhecimento</i>	<ul style="list-style-type: none"> Determinar o ensino dos conhecimentos declarativos (o que fazer), procedurais (como fazer) e condicionais (quando fazer). Organizar a sequência de ensino desde o simples até o complexo. Planejar uma articulação hierárquica das sequências de aprendizado.
<i>Planejar o ensino de estratégias cognitivas com dispositivos de apoio (escoras)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Organizar os conhecimentos com auxílio de múltiplos dispositivos de sustentação (esquemas, gráficos, quadros, listas, etc), conforme o nível de habilidade dos alunos. Planejar o ensino de estratégias cognitivas que permitam resolver uma família de situações-problema. Planejar sequências de ensino desde o fácil até o difícil. Planejar estratégias de ensino explícito: modelagem, prática guiada e prática independente.
<i>Planejar revisões e reutilização dos aprendizados</i>	<ul style="list-style-type: none"> Planejar revisões (semanais ou mensais) das ideias mestras e das estratégias cognitivas. Planejar revisão suficiente, bem-distribuídas, cumulativas e variadas.
<i>Verificar o alinhamento curricular</i>	<ul style="list-style-type: none"> Durante a fase de preparação, o professor verifica a coerência entre o currículo prescrito, o ensino que pretende realizar e a avaliação prevista.

Fonte: baseado em Gauthier, Bissonnette e Richard (2014, p. 282/282).

Nesta fase, é fundamental que os objetivos de aprendizagem estejam esclarecidos tanto para o professor, quanto aos alunos, caso contrário, isto poderá afetar a fase da interação, pois não tendo clareza da direção a ser tomada, o professor corre o risco de desviar do objetivo, confundindo e desmotivando o alunos (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014).

Assim como, os objetivos de aprendizagem devam ser bem definidos e esclarecidos na fase da preparação, certos conhecimentos são necessários para que novas aprendizagens possam acontecer. Dessa forma, o professor deve determinar os conhecimentos que constituirão os pré-requisitos para o novo aprendizado, certificando-se que estes conhecimentos, denominados de conhecimentos prévios, tenham sido compreendidos antes de querer ensinar um novo conceito. De fato, a determinação dos conhecimentos prévios permite ao professor fazer escolhas com maior proximidade da realidade do alunos de modo que o novo aprendizado se efetue (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014).

É importante que todos os conhecimentos demonstrados e ensinados devem ser verbalizados a fim de facilitar sua identificação no decorrer do processo de ensino e aprendizagem. Além da verbalização, a organização e promoção de revisões dos conceitos já estudados, proporcionam melhor qualidade dos aprendizados, revelando uma especial importância “para o aprendizado e a assimilação de ideias mestras e estratégias cognitivas” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p.134).

Tendo compreendido a importância dos objetivos de aprendizagem, dos conteúdos e da revisão destes conteúdos, o que ainda falta para completar o planejamento é a forma como será realizada a avaliação da aprendizagem dos conhecimentos, capacidades e habilidades dos alunos, sendo o momento em que tudo que foi planejado esteja passível de avaliação.

De maneira geral, quando o planejamento do ensino estiver coerente com o currículo prescrito, com o ensino oferecido e com a avaliação realizada, pode-se dizer que houve um alinhamento curricular, o que proporciona uma melhora na prática do ensino, resultando em um ensino de modo mais eficaz. Dito isto, pode-se constatar a importância que a fase da preparação tem para o processo de ensino e provavelmente, sem esta fase, o ensino seria um fracasso.

2.2.2 Interação

Esta segunda fase do modelo de ensino descrito por Gauthier, Bissonnette e Richard (2014), representa a prática em si, ou seja, a implementação da estratégia de ensino, sendo que, a interação também compreende um conjunto de etapas a serem consideradas ao executar o

planejado, conforme pode ser visualizado nos quadros 06 e 07. No entanto, ao colocar em prática o plano de ação, podem surgir alguns imprevistos, sendo preciso fazer algumas mudanças na hora. Contudo, esta mudança não implica em prejuízos no processo de ensino pelo fato do professor já ter definido e planejado o percurso da sua prática, esclarecendo a direção e os meios que serão utilizados. Este fato comprova a importância de ter definidos os objetivos de aprendizagem, pois é a partir dela que o processo de ensino deverá ser orientado.

Quadro 6. Elementos do conjunto de estratégias gerais utilizados na fase da Interação.

CONJUNTO DE ESTRATÉGIAS	DESCRIÇÃO
<i>Estratégias Gerais</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Maximizar o tempo de aprendizagem escolar; • Garantir uma taxa de sucesso elevada; • Cobrir a matéria apresentada aos alunos; • Favorecer modalidades de agrupamento eficazes; • Dar apoio ao aprendizado (<i>scaffolding</i>); • Levar em conta diferentes formas de conhecimento; • Utilizar uma linguagem clara e precisa; • Verificar a compreensão; • Explicar, ilustrar através de modelagens (demonstrações); • Manter um ritmo constante;

Fonte: adaptado de Gauthier, Bissonnette e Richard (2014, p. 282/283).

Quadro 7. Elementos do conjunto de estratégias específicas – fase da Interação.

CONJUNTO DE ESTRATÉGIAS	DESCRIÇÃO
	<i>Corrigir os deveres cotidianamente</i>
<i>Abrir a aula</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Captar a atenção dos alunos; • Apresentar e justificar o objetivo de aprendizado; • Ativar os conhecimentos prévios.
<i>Conduzir a aula</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Modelagem: demonstrar os aprendizados a realizar; • Guiar a prática: ensinar conceitos, habilidades e regras, demonstrando cada etapa e, ainda, fazer perguntas; • Dar feedback, corrigir e parabenizar: estudar problemas já resolvidos; • Fazer os alunos praticarem de maneira autônoma.
<i>Encerrar a aula</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivar os aprendizados realizados; • Anunciar a próxima aula; • Continuar a automatização.

Fonte: adaptado de Gauthier, Bissonnette e Richard (2014, p. 282/283).

Durante a fase da interação, é importante garantir o bom desempenho escolar dos alunos. Para isto, será preciso envolver os alunos em atividades em que demonstrem interesse e êxito. A melhor forma que a fase de interação possibilite aos alunos atingirem altas taxas de sucesso escolar é maximizando o tempo de aprendizado do aluno, fornecendo explicações e apoio em uma linguagem clara e precisa, além de, verificar os deveres de casa, fornecer *feedbacks* e proporcionar momentos de prática independente (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p. 168). O trabalho em grupo, também pode ser uma estratégia que favoreça a aprendizagem dos alunos, de modo que compartilhem suas experiências e conhecimentos. Esta forma irá proporcionar ao aluno, uma prática mais ativa e permitirá a ele verificar o que entendeu, como compreendeu e o que precisa ser corrigido e melhorado.

2.2.3 Consolidação

Uma vez que a estratégia de ensino tenha sido planejada e implementada, o passo seguinte é a consolidação dos aprendizados efetuados pelos alunos, ou seja, é hora de realizar atividades de fixação dos aprendizados realizados em sala de aula. Esta fase está relacionada às “condições necessárias para que a transferência dos conhecimentos se realize” e, também, em analisar “como os professores podem verificar se os alunos são capazes de transferir os aprendizados” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p. 224). No quadro 08, são apresentadas as etapas constituintes da fase de Consolidação.

Quadro 8. Elementos do conjunto de estratégias utilizados para a fase da Consolidação.

CONJUNTO DE ESTRATÉGIAS	DESCRIÇÃO
<i>Passar deveres de casa</i>	<ul style="list-style-type: none"> • As tarefas permitem aos alunos praticar o conteúdo aprendido em sala de aula, a fim de chegar a automatizar o aprendizado.
<i>Proceder revisões</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Cotidianas, semanais e mensais; • Avaliações formativas e sumativas.
<i>Avaliar para verificar a transferência dos aprendizados.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • As revisões permitem organizar novos conhecimentos em rede e possibilitam a sua mobilização quando se quer recorrer a eles.

Fonte: adaptado de Gauthier, Bissonnette e Richard (2014, p. 283) e Gauthier (2014b, p. 458).

No Ensino Explícito, o termo transferência refere-se à capacidade de utilizar e aplicar o que foi aprendido em aula em outros contextos. Portanto, “para que consigam transferir a outros contextos os conhecimentos que eles adquiriram, os alunos devem ser capazes de reconhecer que o que lhes está sendo pedido corresponde ao que eles aprenderam” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p. 234). Para tanto, estes autores descreveram algumas condições que possibilitam a prática da transferência ser bem-sucedida, de modo que:

- A atividade de avaliação deve corresponder ao que foi ensinado e praticado pelo aluno durante as aulas, buscando verificar o que foi aprendido e o que não foi a fim de avaliar a capacidade de transferir os novos conhecimentos em outros contextos. O nível de assimilação do aprendizado a ser transferido, dependerá do nível de compreensão, apoiada em uma representação adequada do aprendizado.
- A transferência depende do contexto em torno do aprendizado inicial. Quanto maior for o número de contextos e exemplos aplicados durante as atividades, melhor será para o aluno compreender e aplicar o aprendizado em diferentes contextos. Portanto, a prática é essencial para que a transferência se realize.
- É necessário reconhecer o que é fundamental para que o aprendizado seja transferido de um contexto a outro. Para isto, o professor define com clareza como, quando e por que se deve transferir o aprendizado para outros contextos.

Enfim, a transferência do aprendizado a ser realizado pelos alunos é determinada por diferentes condições, qualidade e tipos de tarefas, sendo fundamental que o professor acompanhe e avalie o processo. O “contexto em torno do aprendizado também é essencial, pois saberes ensinados em um único contexto estão sendo sujeitos a serem transferidos do que aqueles aplicados em múltiplos contextos” (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014, p. 237).

2.3 O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES POR MEIO DA PRÁTICA DO ENSINO EXPLÍCITO.

Durante a explanação sobre a natureza constituinte do Ensino Explícito, muito se falou em ensino eficaz, em professores eficientes e em alunos capazes. Estas características sugerem que eficiência e competência tenham suas particularidades, mas também suas semelhanças. Afinal, ser eficaz, requer ser competente. E ser competente, requer várias habilidades.

Nos dias atuais, é essencial que os sujeitos estejam “sempre atentos e em formação constante para ter os conhecimentos necessários para desempenhar com eficácia sua atividade

profissional” (SOUZA, 2016, p.71). Estar apto a uma profissão, mas acima de tudo, desenvolver satisfatoriamente sua função, exige do profissional uma diversidade de conhecimentos, de habilidades e de atitudes. Na vida profissional, as capacidades e habilidades que um indivíduo apresenta que são fundamentais para seu sucesso, são resultados de uma formação acadêmica de qualidade, cujo principal objetivo tenha sido o apoderamento de múltiplas habilidades, a fim de desempenhar sua função com eficiência e competência.

No campo dos aprendizados, a competência é expressa pela capacidade que o sujeito tem em aprender e em utilizar estes conhecimentos, de forma eficiente, para resolver diferentes problemas em contextos variados do seu cotidiano pessoal, social ou profissional. Perrenoud (1999, 2002), define a competência como uma capacidade de agir de modo eficiente em uma determinada situação, mobilizando para isto, uma diversidade de habilidades e capacidades. Por sua vez, as habilidades são definidas como a forma de realização das competências, servindo como “âncoras”, para colocar em prática os conhecimentos (PERRENOUD, 2002). Basicamente, estas duas concepções referem-se ao saber fazer algo (competência) e o fazer (habilidade).

A prática de um ensino eficaz deve representar um constante movimentar da ação e reflexão dos próprios docentes e no modo como a aprendizagem é vista por estes educadores. Dessa forma, as nuances dos projetos que integram essas capacidades e habilidades somente serão eficazes, se os conhecimentos adquiridos sejam aplicados por estes sujeitos (ZABALA e ARNAU, 2016). Em vista disso, tem-se que o desenvolvimento de competências e habilidades não são funções atribuídas unicamente para os estudantes e pelos estudantes. Estas, também, devem ser atribuições verificadas na ação docente. Isto sugere que os professores devem ser também seus próprios aprendizes.

No processo de aprendizagem, o reconhecimento de uma competência vai além da “identificação de situações a serem controladas, de problemas a serem resolvidos, de decisões a serem tomadas” (PERRENOUD, 2002, p. 19). Anterior a isto, as competências são definidas pelas formas como o conhecimento foi adquirido e estruturado em sua memória de longo prazo. No modo como o conhecimento foi pensado e passou a ser comunicado (demonstrado).

Em âmbito escolar, uma das principais competências a ser desenvolvida pelo aluno, é sua capacidade de interpretação, seguida de resolução de problemas. Estendendo estas capacidades para o meio profissional, é fundamental que o profissional seja capaz de criar, de inovar o setor e os produtos em que trabalha. É necessário que o professor coloque em prática todos os seus conhecimentos, que tenha capacidade em adaptar sua prática para as situações que propiciem o desenvolvimento e a aprendizagem dos seus alunos (PERRENOUD, 2002).

Somente assim, o ensino tende a oportunizar uma aprendizagem promissora, dando possibilidade ao aluno a “aprender por si, a criar suas próprias respostas para as questões apresentadas pelo professor, e não a reproduzi-las simplesmente” (PERRENOUD, 2002, p. 170).

Portanto, é preciso preparar e planejar o ensino de acordo com as necessidades dos alunos e objetivos de aprendizagem do sistema de ensino. Todavia, torna-se necessário, organizar o processo de ensino de forma eficaz, objetiva e clara, apresentando os conceitos científicos em pequenas etapas, seguido de demonstrações e da prática do aluno durante o processo, sempre tendo em vista, o uso de procedimentos, como revisão, *feedback* e resolução de problemas, para instruir e guiar o aluno em seu processo de aprendizagem. Esta prática, além de desenvolver várias habilidades e competências científicas pelos alunos, permite com que o aluno compreenda o que lhe foi apresentado, tenha um bom desempenho e domínio cognitivo, além de agregar valor ao ensino do professor e da instituição.

O Ensino Explícito tem muito a acrescentar ao processo de ensino e aprendizagem e ao desenvolvimento de competências e habilidades. Sendo um trabalho em equipe (professor, alunos e instituição), em que a capacidade de compreender e lidar com diferentes situações e pessoas visa aprimorar a prática e a formação tanto dos alunos, quanto do próprio professor. Visto que um dos importantes objetivos da educação, segundo os olhares de Hattie (2017), é desenvolver cidadãos ativos, competentes e pensadores críticos em um mundo cheio de desafios e complexidades, a fim de se desafiarem e superarem suas próprias expectativas, o Ensino Explícito é uma das melhores formas de atender a este objetivo.

2.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO DENTRO DO ENSINO EXPLÍCITO

A prática do professor em sala de aula reflete diretamente no desenvolvimento e na aprendizagem dos conhecimentos científicos pelos estudantes. O questionar do professor implica o movimentar dos alunos, de sujeitos passivos para sujeitos ativos. No Ensino Explícito, foi apresentada uma estrutura de procedimentos e de funções que os professores mais eficientes utilizam em seu processo de ensino. Semelhanças podem ser percebidas em práticas de ensino com uso de atividades experimentais. Esta prática, em que são realizados procedimentos em pequenas etapas, com a demonstração clara, direta e objetiva do que se espera do aluno ao final do processo, pode contribuir positivamente no processo de ensino eficaz. Alguns exemplos em que a experimentação apresenta similaridade com o modelo de Ensino Explícito, podem ser observados mediante:

- A estrutura apresentada em pequenas etapas. Com passos a serem seguidos e com objetivos claros ao que se pretende realizar, todos os passos, materiais e procedimentos, são descritos no roteiro experimental.
- A visibilidade dos processos de aprendizagem. Na experimentação, a visualização do fenômeno físico torna a compreensão dos conceitos abstratos mais concretos, ao trabalhar a complexidade do fenômeno em processos mais simples e visíveis.
- A natureza ativa dos alunos. Para realizar o experimento, os alunos tornam sujeitos mais participativos.
- Os *feedbacks* e as revisões. Durante a realização da atividade, o professor consegue ter uma percepção maior sobre como e o que os alunos estão aprendendo ou não. Concomitantemente, os alunos recebem os *feedbacks* e revisão dos conceitos que não foram bem entendidos e apreendidos em sua estrutura cognitiva.
- A prática guiada. Os roteiros experimentais apresentam todas as orientações a serem seguidas, no entanto, o professor auxilia seus alunos durante a prática. Este auxílio pode vir por meio de questionamentos, tendo o diálogo como principal ferramenta neste processo.
- A prática autônoma. As escritas dos relatórios de cada experimento, além de proporcionar uma forma de revisão do conteúdo, também é uma forma do aluno avaliar o que aprendeu (ou não aprendeu).

Enfim, são várias as visões que as atividades experimentais apresentam no contexto do Ensino de Ciências e, que se observadas na visão do Ensino Explícito, podem ser percebidas muitas semelhanças tanto na estrutura, quanto nos resultados que ambas as práticas proporcionam. De acordo com pesquisas realizadas sobre o papel da experimentação no processo de aprendizagem do aluno, as atividades experimentais tiveram destaque pela natureza interativa entre teoria e prática (SILVA e ZANON, 2000; CARVALHO et al, 2010; HIGA e OLIVEIRA 2012), por motivar e proporcionar uma participação mais ativa do aluno (ARAÚJO e ABIB 2003; AZEVEDO, 2004; FAGUNDES, 2007; DAHER, MACHADO e GARCIA, 2015) e na compreensão dos conceitos científicos pelos alunos, oportunizando melhor clareza e internalização dos conceitos científicos estudados durante a prática (BORGES, 2002; LABURÚ, 2005; PEREIRA, 2010; FORÇA, LABURÚ e SILVA, 2011; PREUSSLER, COSTA e MAHLMANN, 2017). Além disso, as atividades experimentais proporcionam melhor desempenho no desenvolvimento de competências e habilidades (ZANON e FREITAS, 2007; BONADIMAN e NONENMACHER, 2007; GONÇALVES 2009; RAMOS, ANTUNES

e SILVA, 2010; OLIVEIRA, 2010; SOUZA et al 2013; FONSECA e SOARES, 2016).
Todavia, a atividade experimental tornou-se uma ferramenta que possibilita uma maior visibilidade e transparência do processo de ensino e aprendizagem para o professor e o aluno (RAMOS e ROSA, 2008; FERREIRA, HARTWIG e OLIVEIRA, 2010; MORAES e JUNIOR, 2015; MALHEIROS, 2016; MARTINE e LEITE, 2016). Fator este, que vai de encontro com o que Hattie (2017) descreve ao propor que a aprendizagem e o ensino, devem ser visíveis para o professor e para os alunos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A presente pesquisa, classificada como de caráter qualitativa (SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2013), apresenta de forma subjetiva e explícita os procedimentos, dados e resultados sobre o estudo de uma prática formativa no desenvolvimento de competências científicas por acadêmicos da área de produção de alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Inserida nessa realidade, a pesquisadora discursa e avalia os significados e ações que os sujeitos conferem ao fenômeno em questão (DENZIN e LINCOLN, 2010).

Tendo em vista a participação de forma ativa e cooperativa da pesquisadora, esta pesquisa também se classifica como do tipo *pesquisa-ação*, sendo um “tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes [...] estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” (THIOLLENT, 2011, p. 20). Dessa forma, para que fossem encontradas respostas efetivas ao processo de aprendizagem e à formação de capacidades e habilidades científicas de acadêmicos da área de alimentos, tornou-se necessário a ação e mobilização da pesquisadora juntamente a esse processo. Assim, uma vez mergulhada inteiramente no contexto da pesquisa, as investigações sobre o processo formativo, a “coleta de informação original acerca da situação” e do movimentar dos participantes (THIOLLENT, 2011, p.49) tornaram a investigação mais factíveis de respostas positivas e concretas. Além disso, participar ativamente da pesquisa tornou possível encontrar meios para melhorar a prática da formação científica dos sujeitos, aumentando os conhecimentos e experiências tanto da pesquisadora quanto dos demais participantes, conforme Thiollent (2011) destaca. Um conhecimento que “leve à nova significação da prática”, que seja “contextualizado de acordo com a situação enfrentada pelos participantes, sendo realizado antes de se propor uma solução, um mapeamento e delimitação do tema e de seu contexto, para então se proceder à elaboração de hipóteses e busca de soluções” (PICHETH, CASSANDRE e THIOLLENT, 2016, p. S12).

A busca por compreender o contexto da formação e atuação profissional de produtores de alimentos e, a ideia de “auxiliar os participantes a retomarem suas capacidades de agentes e transformadores do contexto em que se inserem” (PICHETH, CASSANDRE e THIOLLENT, 2016, p. S12) demandou uma investigação no universo da pesquisa em ensino de Ciências, a qual permitiu explorar e ter maior clareza sobre o processo de ensino e aprendizagem. Essa investigação foi além das fronteiras brasileiras, tendo como destino uma universidade alemã na cidade de Osnabrück - Alemanha.

De acordo com os objetivos e metodologia, esta pesquisa foi classificada de natureza *exploratória e descritiva* (GIL, 2002), sendo apresentado o levantamento bibliográfico, a análise das diretrizes curriculares dos dois cursos e as normas do Conselho Regional de Química (CRQ) e do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea). Esta análise se deteve ao perfil profissional dos sujeitos em estudo, assim como, os materiais empíricos elaborados pela pesquisadora (questionários, cadernos didáticos e as observações) e os materiais elaborados pelos alunos (relatórios).

Os dados obtidos, a análise e a discussão dos resultados são referentes a uma turma do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos da UFSM. No entanto, uma prévia da proposta didática foi implementada em uma turma do curso de Agronomia da UFSM. Na turma da Agronomia, teve-se a realização de nove experimentos e a aplicação de dois questionários. Após a implementação das atividades, foram feitas algumas modificações no conteúdo, na variedade e na abordagem dos experimentos a fim de melhorar a proposta e adequá-la ao contexto dos Tecnólogos em Alimentos e aos objetivos desta pesquisa e doutorado.

Os ajustes na proposta didática foram realizadas, sendo aplicada integralmente na turma do curso de Tecnologia em Alimentos da UFSM. Portanto, a proposta didática finalizada, constituiu-se de 19 experimentos, dois questionários (pré-testes) e dois tipos de pós-testes (um questionário e quatro avaliações). Em vista do extenso trabalho de pesquisa que foi realizado, a mesma foi pensada e organizada em três etapas: *o Pensar – o Agir – o Avaliar*, atendendo aos seguintes critérios:

- Desenvolver uma proposta de ensino no modelo do Ensino Explícito, com base na Gestão de Aprendizagem, dos autores Gauthier, Bissonnette e Richard (2014);
- Desenvolver atividades experimentais de ensino de Física e Química articulada com as ciências aplicadas na produção de alimentos;
- Promover uma participação ativa dos estudantes durante o processo de ensino;
- Trabalhar os conhecimentos científicos necessários para o desenvolvimento de capacidades e habilidades científicas na atuação profissional, voltando-se à produção de alimentos.

3.1 PRIMEIRA FASE DA PESQUISA: O PENSAR.

Esta fase refere-se à organização e a estruturação da pesquisa. Nessa fase, foi traçado o caminho a ser percorrido para chegar à resposta da questão de pesquisa. Este *pensar* engloba o envolvimento na busca por informação e conhecimento, sendo a etapa da pesquisa destinada

a averiguar os trabalhos relacionados às estratégias de ensino na área de Física e Química. Estratégias essas que tornassem possível o desenvolvimento de competências e habilidades científicas no desenvolvimento do conhecimento científico. Assim, fez-se a investigação de trabalhos publicados nos principais periódicos da área de ensino (Qualis superior a B2), entre os anos de 2007 e 2017, com enfoque no modo como o ensino explícito vem contribuindo com o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Além disso, a investigação considerou artigos que apresentassem o tema produção de alimentos e suas várias correlações. Como foi encontrado um número significativo de trabalhos no universo dessa pesquisa, e considerando a extensão da análise, destinou-se o capítulo 4 para descrever seus achados.

Na continuidade sobre a fase do *pensar* a pesquisa, foi realizado a análise apenas das ementas das disciplinas (código FSC1064) Física para Ciências Rurais e (código FSC1115) Física para Tecnólogos em Alimentos, dos cursos de Agronomia e Tecnologia em Alimentos da UFSM, respectivamente. A ementa da disciplina de Física do curso de Agronomia foi incluída na análise, por tratar-se de um curso com uma relação direta com a produção de alimentos. Assim, apesar desta pesquisa não estar focada integralmente no curso de Agronomia, alguns aspectos de sua formação e objetivos do curso foram considerados.

Na ementa (Anexo 1) da disciplina FSC1064 Física para Ciências Rurais, para a formação acadêmica em Agronomia na UFSM, destaca-se a finalidade do curso em capacitar os estudantes a fim de *“identificar fenômenos naturais em termos de regularidade e quantificação, bem como interpretar princípios fundamentais que generalizam as relações entre eles e aplicá-los em resolução de problemas”* (EMENTA DA DISCIPLINA FÍSICA PARA CIÊNCIAS RURAIS). Um objetivo que não demonstra uma relação e aplicação direta dos conceitos de Física no contexto das Ciências Agrárias. E seguindo a análise dos conteúdos apresentados, estes são uma versão resumida dos conteúdos das disciplinas de FSC1001 (Física I), FSC104 (Física II), FSC202 (Física III) e FSC203 (Física IV) do curso de Física da UFSM, ou seja, quatro programas de disciplinas condensados em um.

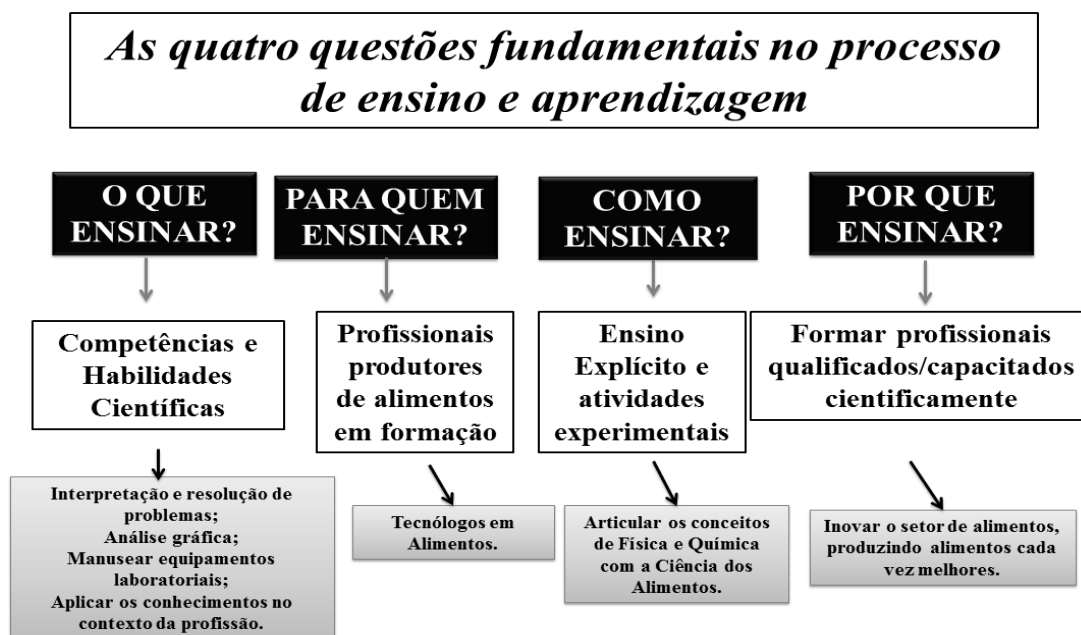
Na ementa da disciplina, FSC1115 Física para Tecnólogos em Alimentos (Anexo 2), consta que a finalidade dessa disciplina é promover a formação do estudante de modo que seja capaz de *“identificar os princípios envolvidos nos processos industriais de preparação de alimentos. Identificar os princípios físicos envolvidos em máquinas de uso na indústria de alimentos. Conhecer e utilizar os diversos sensores e equipamentos de medida. Conhecer os princípios da radiação eletromagnética e suas aplicações em tecnologia de alimentos”* (EMENTA DA DISCIPLINA DE FÍSICA PARA TECNÓLOGOS EM ALIMENTOS). Percebe-se que o objetivo dessa disciplina apresenta um direcionamento para o que se almeja

de um profissional de Tecnologia em Alimentos. Uma aproximação da Física e a produção de alimentos é apresentada no estudo do funcionamento de câmaras frias e aplicações de infravermelho em fornos, conforme pode ser observado no Anexo 2.

Após a análise preliminar dos documentos relativos aos dois cursos, considerou-se que: para motivar os estudantes a aprender e a terem um papel ativo no processo de aprendizagem era necessário mostrar de forma concreta “o porquê” de entender e aprender sobre Ciências. E, assim, o contexto profissional do tecnólogo em alimentos foi levado para dentro da sala de aula, através da experimentação, sendo considerada uma boa estratégia para articular os conceitos científicos na prática da produção de alimentos.

A partir desses apontamentos, a proposta didática consolidou-se, apresentando as principais respostas para as questões fundamentais do processo de ensino e aprendizagem (*o que ensinar?*; *para quem ensinar?*; *como ensinar?* e; *por que ensinar?*), conforme resumo apresentado na figura a seguir.

Figura 3. Questões fundamentais do processo de ensino e aprendizagem de Ciências.



Fonte: autora.

As atividades experimentais foram elaboradas e descritas em cadernos didáticos, sendo estes, os materiais didáticos de apoio que auxiliaram no esclarecimento dos objetivos e procedimentos de cada experimento. Os cadernos didáticos elaborados durante a pesquisa constituem-se de atividades experimentais originais da pesquisadora (com exceção dos experimentos 16 e 17), e estão descritos no Apêndice F.

3.2 SEGUNDA FASE DA PESQUISA: O AGIR.

Esta etapa da pesquisa refere-se à implementação da proposta didática, cuja primeira inserção em sala de aula foi realizada em uma turma do segundo semestre do curso de Agronomia da UFSM. Essa inserção, realizada no primeiro semestre de 2017, foi considerada um teste-piloto que revelou algumas deficiências quanto a estrutura, implementação e coleta de dados utilizadas na proposta didática. A partir desse diagnóstico, foram realizadas algumas mudanças, visando obter melhores resultados no desenvolvimento das capacidades científicas. Em vista disso, somente os dados obtidos na aplicação da proposta na turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM foram considerados como resultado original e final desta pesquisa. No entanto, para maior ênfase e agregar algumas informações quanto aos procedimentos adotados, alguns dados da turma de Agronomia foram considerados para a discussão. Sendo assim, no início do primeiro semestre de 2018, a proposta foi implementada em uma turma do primeiro semestre do curso de Tecnologia em Alimentos da UFSM, possibilitando a realização de dezenove experimentos, inclusos em cinco cadernos didáticos (ver Apêndice F).

Para finalizar essa segunda etapa da pesquisa, tem-se a descrição do método utilizado para coletar e analisar os dados. No curso de Tecnologia em Alimentos, foram aplicados dois questionários (definidos como pré-teste) e um questionário (definido como pós-teste). As questões buscaram coletar informações referentes aos conhecimentos científicos, interesses e atitudes dos alunos frente ao estudo, além de contribuições para a proposta didática. O primeiro questionário (ver apêndice B), elaborado pela pesquisadora, incluiu, em sua maioria, questões dissertativas a fim de investigar os conhecimentos e as correlações realizadas pelos estudantes em relação à Física e a Química na área de atuação profissional. O segundo questionário (ver Anexo 3), elaborado por Talim (2004), visa investigar as compreensões e interesse dos alunos quanto à disciplina de Física. Já o terceiro questionário elaborado pela pesquisadora (ver Apêndice C), teve como intenção, conhecer a percepção e opinião dos estudantes quanto ao método e estratégias utilizadas na implementação desta proposta, dito de outro modo, é o olhar (*feedback*) do aluno com relação a prática. Os demais dados foram coletados pelos pós-testes, mediante as respostas dos questionamentos contidos nos cadernos didáticos, os relatórios elaborados pelos estudantes e as quatro avaliações (Apêndice D).

Na coleta, categorização e análise dos dados, teve-se como aporte teórico e metodológico Bardin (2009) por meio da Análise de Conteúdo e a Taxonomia dos Objetivos

Educacionais (BLOOM et al 1974; BLOOM, KRATHWOHL e MASIA, 1974), conhecida também como Taxonomia de Bloom.

3.3 TERCEIRA FASE DA PESQUISA: O AVALIAR

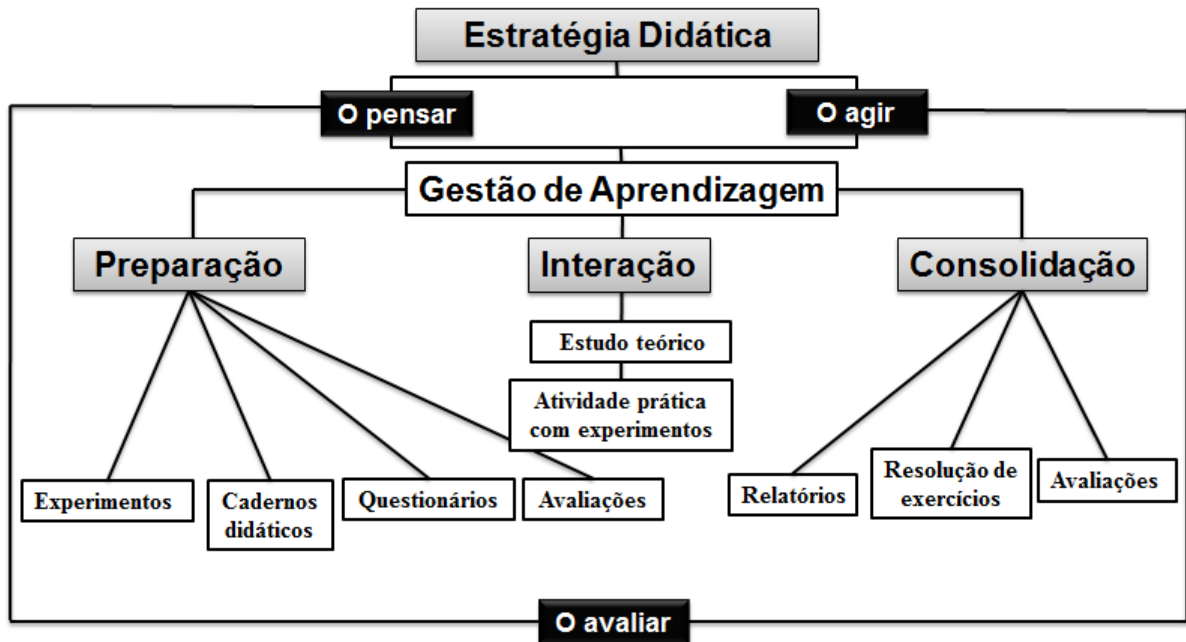
A terceira etapa da pesquisa refere-se à avaliação de todo o processo envolvido. É nessa etapa que foram realizadas à análise da proposta de ensino, das estratégias e dos métodos utilizados. Nesta avaliação, também foram considerados os estudos realizados na Alemanha. Sendo que estes estudos forneceram elementos significativos para avaliar a pesquisa, trazendo contribuições tanto para a prática, quanto para a reflexão docente, e possibilitando vislumbrar uma nova ferramenta de aprendizagem.

3.4 ESTRUTURAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA – A GESTÃO DO APRENDIZADO

Entendendo a importância do planejar a prática de ensino, com o olhar direcionado ao desenvolvimento e compreensão dos conhecimentos científicos pelo aprendiz, de modo que explicita seu raciocínio, forma de pensar e agir (GAUTHIER, BISSONNETTE, RICHARD, 2014, p.274), o professor deve conduzir sua aula em pequenas etapas, permitindo ao estudante acompanhar o processo gradualmente. Com efeito, ao longo da prática, a realização dos experimentos, sendo “a mais expressiva manifestação do aprender fazendo” (GIL, 2012), possibilita um ambiente de sala de aula agradável, sendo instigado pela curiosidade e necessidade de aprender.

Sob a óptica do Ensino Explícito, iniciando com a demonstração pelo estudo teórico, seguido pela prática através da orientação e supervisão do professor, o planejamento do ensino foi estruturado levando em consideração os seguintes pontos: a realização das atividades experimentais pelos estudantes, com a escrita de relatórios; a mediação do professor por meio do diálogo, trazendo situações da prática profissional para aquele contexto experimental, instigando e orientando o aluno na resolução de problemas; a elaboração de um material didático acessível e de fácil manuseio, disponibilizados a todos os estudantes; a resolução de exercícios. A partir desses critérios, elaborou-se um esquema (figura 04) sobre os três momentos da pesquisa, permitindo uma melhor visualização da estrutura da estratégia didática.

Figura 4. Esquema estrutural da estratégia didática.



Fonte: autora.

3.4.1 Preparação.

Esta fase refere-se à elaboração do plano de ação da estratégia didática, sendo definidos os objetivos de aprendizagem, as ideias-chaves, os conhecimentos e as formas de auxiliar o estudante. Ainda nessa fase de preparação, foi determinado o tipo de abordagem utilizada, que neste caso foi a atividade experimental, a forma como foi conduzida a aula, o tempo, o material e o número de atividades necessárias. Enfim, os tópicos necessários que contribuíssem positivamente na formação de competências científicas na profissão escolhida por estes acadêmicos. Na sequência estão elencados os tópicos constituintes desse primeiro momento de elaboração da estratégia.

1) *Objetivos de aprendizagem da proposta de ensino*: Identificar e compreender os conceitos científicos na atuação profissional do produtor de alimentos.

2) *Relação da tríade (docente – discente – objeto de ensino)*: o docente tendo o fator de maior impacto na aprendizagem do aluno deve instruir e mediar o discente em todo o processo, acompanhando seu desenvolvimento na compreensão e assimilação dos conhecimentos científicos. Com relação ao objeto de ensino abordado nas atividades, estes foram os fenômenos e conceitos de Física e Química na área dos alimentos, pelos quais os discentes desenvolvem a capacidade de perceber e relacionar com a sua atuação profissional.

1) *Conhecimentos prévios*: sendo discentes de nível superior, estes já apresentam uma carga cognitiva com conhecimentos de Física e Química. Portanto, saber o nível de conhecimento e conhecer suas percepções da relação dos conhecimentos científicos com a prática profissional, torna possível a abordagem em maior e menor intensidade durante as atividades experimentais de acordo com o nível cognitivo apresentado. Para isso, foi fundamental a aplicação dos dois questionários pré-testes, verificando as capacidades cognitivas estabelecidas até então.

2) *Estratégias cognitivas*: colocar o discente frente a situações problemas de seu cotidiano profissional, em que ele identifica, compreende e busca resolver a situação, sendo guiados pelo professor.

3) *Mecanismos de apoio do aprendizado*: demonstrações, práticas orientadas e dialogadas.

4) *Componente e cronograma curricular*: os conceitos científicos a serem estudados referem-se ao estudo das propriedades Físicas e Químicas dos principais conceitos em: eletrodinâmica, fluidodinâmica e reologia, solubilidade e concentrações das soluções, termometria e estudo dos gases, processos eletrolíticos, equilíbrio iônico das soluções e reações químicas, geometria óptica e radiações eletromagnéticas. O estudo das propriedades químicas é realizado a partir dos processos físicos, com os estudos teóricos e posteriormente a prática com as atividades experimentais.

5) *Roteiro das aulas práticas*: são apresentados questionamentos em relação à área da produção de alimentos para introduzir o estudo dos conceitos físicos e químicos. A entrega de cada caderno didático ocorre no início de cada unidade, de modo que os estudantes tenham acesso ao texto e roteiro das atividades a serem realizadas nas aulas práticas. Os questionamentos iniciam um diálogo entre o docente e os discentes e entre os próprios discentes, direcionando as discussões para a realização dos experimentos. As questões-problemas fazem parte dos roteiros experimentais, sendo suas soluções entregues no relatório de cada experimento.

Constituídas de informações científicas teóricas, os cadernos didáticos foram consolidados na prática profissional por meio dos experimentos. Para tanto, nesses cadernos são apresentados os textos teóricos introdutórios sobre os conceitos estudados (articulando as ciências básicas com as ciências aplicadas), seguidos por roteiros experimentais, com questões objetivas e subjetivas, permitindo verificar como os conhecimentos foram assimilados pelo estudante. Como também, elas permitem analisar as atitudes, necessidades e as carências formativas dos estudantes para proporcionar uma atuação profissional de qualidade. Estes cadernos didáticos, com os experimentos, foram os principais instrumentos de apoio que

permitiram aos discentes transpor, na prática acadêmica, a ciência descrita nos programas disciplinares do seu curso de formação. No quadro abaixo está estruturada a proposta de acordo com a sua realização na turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM.

Quadro 9. Cronograma para a realização da proposta didática.

(continua)

Aula	Atividade	Conteúdo abordado
1	Aplicação do Questionário 1	Conhecimentos científicos e a relação da Física e Química na produção de alimentos.
1	Estudo teórico	Estudos sobre a eletricidade - Parte I
2	Exp. 1 – Controle de Qualidade: Análise gráfica de medidas elétricas	Resistência, resistividade, circuito, desvio padrão.
2	Exp. 2 – Determinação da condutividade e resistividade de materiais	Condutor, resistor, resistividade, condutividade.
3	Aplicação do questionário 2	Atitudes dos estudantes (TALIM,2004)
3	Estudo teórico	Estudos sobre eletricidades - Parte II
4	Exp. 3 – Condutividade e resistividade da água ultrapura.	Condutividade, resistividade, função logaritmo.
4	Exp. 4 – Estudo de termocúpula industrial para medida de temperatura.	Tensão elétrica, força eletromotriz, termodinâmica.
5	Exp. 5 – Resistores dependentes da luz	Tensão elétrica, força eletromotriz, termodinâmica.
6	Resolução de problemas	Teórico-prática – <i>feedback</i>
7	Resolução de problemas	Teórico-prática – <i>feedback</i>
8	Avaliação (pós-teste)	Eletricidade
9	Estudo teórico	Fluidos
10	Exp. 6 - Determinação do coeficiente de viscosidade.	Viscosidade.
11	Exp. 7 - Medidas de concentração de soluções salinas.	Densidade.
12	Exp. 8 - Análise de interações moleculares por meio da capilaridade.	Capilaridade.
13	Estudo Teórico	Termodinâmica
14	Exp. 9 – Cozimento a vapor.	Pressão e temperatura.
14	Exp. 10 – Lei de Boyle.	Pressão, volume, logaritmo, mínimos quadrados
15	Resolução de problemas	Teórico-prática – <i>feedback</i>
15	Resolução de problemas	Teórico-prática – <i>feedback</i>
16	Avaliação (pós-teste)	Termodinâmica
17	Exp. 11 - Quebrando a auto ionização da água.	Fluidos e caráter anfótero da água.
17	Exp. 12 - Propriedades da carga elétrica das micelas de caseína.	Propriedades físicas e químicas do leite.
17	Exp. 13 - Quebrando a suspensão coloidal no leite bovino.	Fluidos, coagulação do leite.
18	Exp. 14 - Determinação da acidez residual do leite normal.	Ácido-base
18	Exp. 15 - Estudo da relação da escala Dornic e pH.	Ácido-base e acidímetro.
18	Resolução de problemas	Teórico-prática
20	Avaliação (pós-teste)	Fluidos

Quadro 9. Cronograma para a realização da proposta didática.

(conclusão)

Aula	Atividade	Conteúdo abordado
21	Estudo Teórico	Eletromagnetismo - Ondas
22	Exp. 16 - A parte visual do espectro eletromagnético ⁶ .	Espectro eletromagnético.
22	Exp. 17 - O espectro de ionização de gases em tubo de Geissler ⁷ .	Espectro eletromagnético.
23	Estudo teórico	Eletromagnetismo - Óptica
24	Exp. 18 - Dependência de índice de refração com comprimento de onda.	Refração e comprimento de onda.
24	Exp. 19 - Uso do refratômetro portátil para controle de qualidade de alimentos.	Índice de refração, Graus Brix.
25	Resolução de problemas	Teórico-prática – <i>feedback</i>
26	Avaliação (pós-teste)	Eletromagnetismo
27	Aplicação do Questionário 3	<i>Feedback</i> da proposta

Fonte: autora.

Para a realização das atividades, foram estabelecidos quatro critérios, servindo de base para a análise e avaliação dos conteúdos dos relatórios e aos testes. Assim, tendo esse direcionamento, as análises constituiram dos pontos: 1) O aluno desenvolveu todo o processo para a solução da questão (equação, cálculos, resultado correto, etc)? 2) O aluno descreveu sua conclusão? 3) O aluno relacionou o tema abordado com sua área de atuação (Produção de Alimentos) ou deu exemplos de aplicação em outra área ou em outras situações? 4) O aluno utilizou os termos físicos corretamente para responder as questões (nome das grandezas físicas, unidades de medida, definições, etc)?

3.4.2 Interação

Esta fase refere-se à implementação da estratégia didática, tendo em mente o estudo teórico (modelagem) e o estudo prático guiado (atividade experimental e resolução de exercícios). Contudo, a introdução da atividade foi iniciada com questionamentos de situações do cotidiano profissional e social, seguido pelo desenvolvimento da aula, relatando o que seria realizado (objetivo do experimento e objetivo de aprendizagem), os materiais dos experimentos, com a descrição do processo experimental e, por fim, o encerramento da aula, buscando avivar os questionamentos. Assim, teve-se nesta fase da interação o objetivo de: Relembrar os conceitos científicos estudados anteriormente; Maximizar o tempo de interação do discente com

⁶ O texto e as questões deste experimento foram retirados da dissertação de LOPES (2017, p.140).

⁷ O texto e as questões deste experimento foram retirados da dissertação de LOPES (2017, p.143).

o experimento; Direcionar os episódios da aula para o discente expor seu pensamento, como construiu seu raciocínio e, assim, o conhecimento científico; Relacionar o novo conhecimento com os já estudados; Encerrar a aula com um resumo da atividade.

3.4.3 Consolidação

Na fase de consolidação da estratégia, tem-se o momento do discente colocar em prática seus conhecimentos. Momento em que os conhecimentos são consolidados em sua estrutura cognitiva. Esta consolidação ocorre através da escrita dos relatórios e das avaliações bimestrais (descritos como pós-testes). Esse método de consolidação foi pensado como uma forma do estudante refletir sobre os conhecimentos e sobre a prática realizada. Nos relatórios, um dos tópicos analisados foi a relação dos conceitos físicos e químicos na prática profissional, exigindo dos estudantes capacidades e habilidades para pesquisar, ler, interpretar e se comunicar, utilizando os conceitos científicos corretos. Esta etapa da consolidação somente foi realizada na turma do curso de Tecnologia em Alimentos.

3.5 PERFIL DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.

Compreender quem são esses sujeitos da aprendizagem (o que sabem, como pensam e como agem) permite equilibrar o processo de ensino com o nível de desenvolvimento e aprendizagem do aluno. A utilização de dois questionários (ver Apêndice B e Anexo 3) trouxe informações pertinentes que descreveu o perfil dos participantes. A intervenção no curso de Tecnologia em Alimentos da UFSM ocorreu com a turma do primeiro semestre do curso. Inicialmente, contou-se com a participação de 47 estudantes, de idade entre 17 e 41 anos, oriundos da região central de Santa Maria – RS. No entanto, decaiu para menos da metade destes estudantes no último dia e intervenção. Ao questionar os demais estudantes sobre o motivo da desistência, eles responderam que “a desistência não era da disciplina, mas sim do curso”. E ainda complementaram dizendo que “muitos começaram esse curso, porque no processo seletivo do SISU⁸, não conseguiram cursar sua primeira opção”.

⁸ O Sisu (Sistema de Seleção Unificada) é o sistema informatizado do Ministério da Educação, no qual instituições públicas de ensino superior oferecem vagas para candidatos participantes do Exame Nacional de Ensino Médio (Enem). Os candidatos com melhor classificação são selecionados, de acordo com suas notas no exame. Disponível em <https://sisu.mec.gov.br/>

A intervenção teve início com a leitura e assinatura do termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ver Apêndice A), seguida pela aplicação do primeiro questionário (Apêndice B). Devido à extensão dos questionários, os mesmos foram aplicados em momentos separados. Portanto, as percepções dos estudantes quanto à produção de alimentos estão voltadas à indústria e aos processos de transformação da matéria-prima. Visão esta, diferente dos estudantes de Agronomia (que percebem a produção de alimento direcionado ao campo, para a produção da matéria-prima).

Na concepção dos estudantes de Tecnologia em Alimentos, a Física e a Química são importantes e possuem aplicações na área da produção de alimentos. De acordo com seus dizeres, elas são “[...] essenciais para pesquisas. Tanto na produção quanto para a conservação de alimentos, garantindo assim uma boa produtividade e agregando conhecimentos para os profissionais” (estudante T.A01), como também, “para produzir ou julgar apto ou não um alimento, precisamos entender a estrutura formadora do mesmo, a fim de aperfeiçoar técnicas e melhorar o desempenho” (estudante T.A02). A percepção destes estudantes, quanto à relação e aplicabilidade dos conhecimentos em Física e Química na produção de alimentos, revelam-se importante em todas as fases do processo de produção, mas principalmente, na qualidade do produto.

Apesar da clareza da relação entre essas áreas, tanto a turma de Agronomia, quanto a turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM, demonstraram um nível baixo de conhecimentos em Física e Química, alusivos às dificuldades em compreender e interpretar os conceitos e a aplicação das equações em resoluções de exercícios. O que vem a refletir no seu desenvolvimento e em seu processo de aprendizagem.

Com relação à turma de Agronomia, o perfil foi obtido pelas respostas de 20 estudantes de idade entre 18 e 26 anos, sendo que, aproximadamente 70% desses graduandos são oriundos de cidades da região central do Rio Grande do Sul. Uma região em que o setor econômico gira em torno da agropecuária, produzindo uma diversidade de produtos agrícolas (FIERGS, 2014). Para estes estudantes, o fator principal pela escolha dessa profissão se deteve na sua familiaridade com a área, despertando o interesse e a motivação em proporcionar melhorias na produção de alimentos, seja por meio da pesquisa ou pelo manejo direto no campo, utilizando maneiras mais sustentáveis, sem agredir o ambiente.

3.6 PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.

Como no planejamento da estratégia de ensino, na área da pesquisa é necessário estruturar todo o processo que a envolvem, desde a escolha do tema, dos objetivos até os procedimentos de elaboração, aplicação, coleta e avaliação dos dados e resultados. Dessa forma, nesta pesquisa de doutorado, os dados foram coletados mediante: questionários (pré-testes e pós-teste); relatórios contendo a descrição e resultado de cada experimento; observações da pesquisadora durante todo o processo de realização das atividades experimentais e teóricas e; avaliações bimestrais (pós-teste). Para o tratamento dos dados, recorreu-se ao método de Análise de Conteúdo, descrita por Bardin (2009). A análise consistiu: a) na leitura dos relatórios e avaliações; b) na verificação de semelhanças entre as respostas; c) no levantamento e definição de categorias; d) na classificação das respostas nestas categorias, conforme: resolução completa e correta da questão; uso dos termos físicos e químicos corretamente; exemplos aplicados/relacionados ao cotidiano profissional ou social; suas considerações/conclusões.

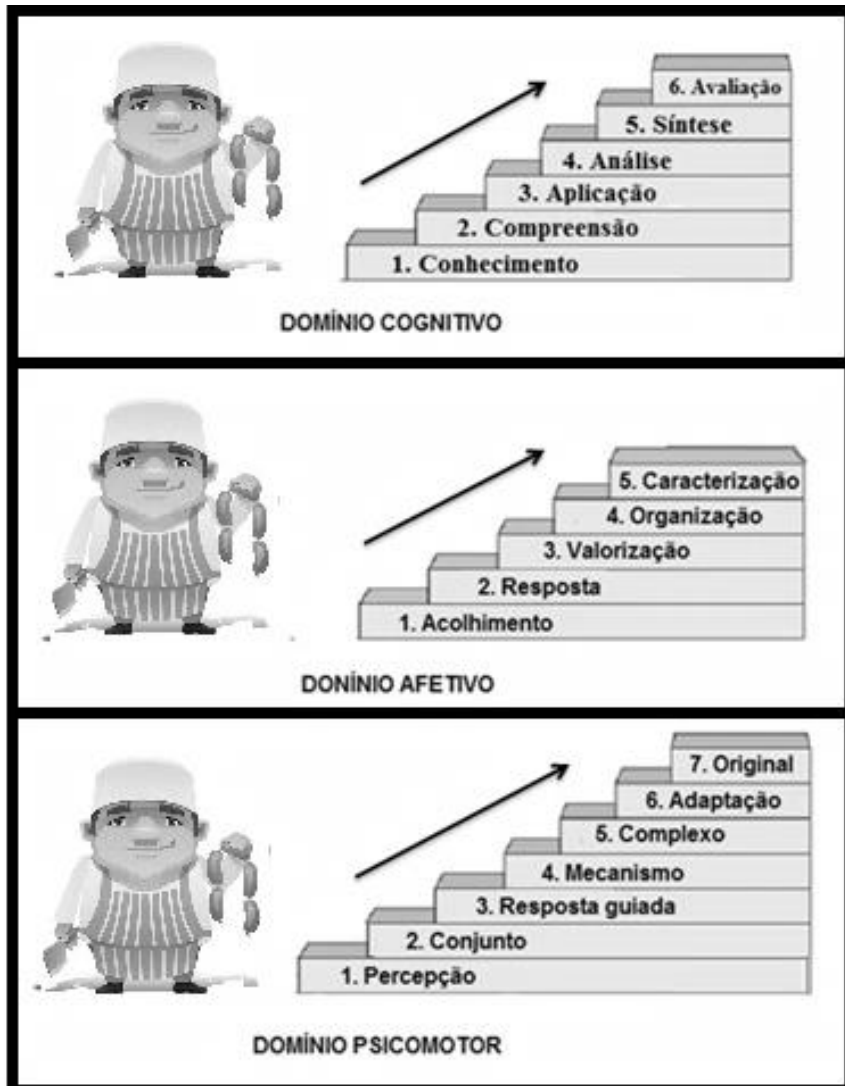
Para a criação das categorias, levaram-se em consideração as discussões realizadas em aula e os domínios descritos pela Taxonomia de Bloom, sendo estes, cognitivo, afetivo e psicomotor. Nessa perspectiva, a Taxonomia de Bloom ou Taxonomia de Objetivos Educacionais, mostrou ser um instrumento efetivo para investigar o desempenho dos sujeitos participantes ao longo da realização da pesquisa por meio do desenvolvimento de capacidades e habilidades nesses três domínios.

3.6.1 Análise dos dados pela Taxonomia de Bloom.

A Taxonomia de Bloom foi desenvolvida, com a principal finalidade, de ser uma ferramenta para auxiliar os docentes no planejamento das práticas de ensino. Entretanto, nesta pesquisa, a Taxonomia de Bloom teve por finalidade principal ser um instrumento de classificação e análise dos dados. A figura 05 mostra os três níveis de domínio.

Os objetivos educacionais são classificados de acordo com o comportamento do aluno que se deseja alcançar, sendo descritos em três domínios – o cognitivo, afetivo e o psicomotor. O *domínio cognitivo* engloba os objetivos referentes ao desenvolvimento das capacidades e habilidades intelectuais; o *domínio afetivo* relaciona os objetivos ligados às atitudes, sentimentos, valores e interesses; já o *domínio psicomotor* engloba os objetivos quanto às habilidades motoras, incluindo as formas como o indivíduo manipula os materiais e objetos de aprendizagem (BLOOM et al, 1974; BLOOM, KRATHWOHL, MASIA, 1974).

Figura 5. Três Domínios dos Objetivos Educacionais segundo Bloom e colaboradores.



Fonte: adaptação de Bloom et al (1974) e Simpson (1996, apud Thomas, 2004).

Cada um desses três domínios apresenta níveis de desenvolvimento no que se refere ao comportamento do indivíduo durante o processo. Esses níveis são descritos numa hierarquia, indo do mais simples ao mais complexo. Cada nível, portanto, é pré-requisito para o nível seguinte, somente sendo possível ‘subir’ ao próximo nível, se o indivíduo já tiver adquirido desempenho adequado no nível anterior. Bloom e seus colaboradores (1974) descrevem os níveis como uma escadaria a ser subida, conforme mostrado na figura 05, em que cada degrau representa um nível. Eles ainda complementam dizendo que o desenvolvimento do indivíduo sempre ocorre em uma determinada sequência, sendo que o nível um é pré-requisito para atingir o nível dois e assim sucessivamente. A ordem inversa não é válida.

Bloom et al (1974) descrevem o que se espera do aprendiz, quando este está em processo de aprendizagem, classificando os comportamentos quando participam do processo. Em vista

disso, procurou-se apresentar os resultados da pesquisa considerando o desenvolvimento das competências e habilidades pelos três domínios da Taxionomia de Bloom, tendo maior destaque nas capacidades e habilidades referente ao domínio cognitivo.

3.6.1.1 Domínio cognitivo

O domínio cognitivo está relacionado ao campo do saber. Os níveis descritos nesse domínio envolvem a forma como o conhecimento é construído, como o intelecto se desenvolve e como o indivíduo faz uso dessas informações assimiladas. No quadro a seguir estão descritos os níveis e suas definições.

Quadro 10. Descrição dos níveis do Domínio Cognitivo da Taxonomia da Bloom.

(continua)

NÍVEL	DEFINIÇÃO	OBJETIVOS EDUCACIONAIS PRETENDIDOS
Conhecimento	Relembrar informações, fatos, datas, conceitos, eventos, métodos, processos, técnicas, procedimentos, termos, símbolos, assuntos, temas, teorias, entre outras.	- Reconhecer os conceitos, as leis, os fenômenos físicos, as grandezas físicas, as unidades de medidas, bem como suas respectivas representações, envolvidas na Física dos Fluidos, da Óptica, do Eletromagnetismo e Termodinâmica.
Compreensão	São os objetivos, comportamentos e respostas que o aluno demonstra que entendeu a mensagem exposta. Representa a forma que o aluno interpreta os dados fornecidos, utilizando-se de conhecimentos anteriores.	- Interpretar as equações para fins de resolução de problemas físicos, sobre densidade, viscosidade, capilaridade, acidez, refração, ondas eletromagnéticas, pressão, condutividade e resistividade. - Compreender os conceitos científicos, os códigos e símbolos físicos e químicos. - Compreender as relações de proporcionalidade presentes na Física e Química. - Interpretar problemas científicos, gráficos e tabelas. - Compreender as aplicações das funções logarítmicas.
Aplicação	Ocorre quando o aluno consegue aplicar as abstrações compreendidas na etapa anterior, de modo a usar corretamente a abstração em uma situação não especificada anteriormente.	- Aplicar os conhecimentos em resolução de problemas. - Relacionar os conhecimentos científicos com os conhecimentos da produção de alimentos. - Relacionar as grandezas físicas. - Elaborar relatórios de caráter científico.
Análise	Reconhece e esclarece as partes que constitui a comunicação, verificando a coerência e relação entre as diversas informações contidas em um material.	- Verificar, no contexto de sua profissão, os fenômenos físicos envolvidos no processo de produção de alimentos. - Identificar fontes de informação sobre Física e Química em seu cotidiano.

Quadro 10. Descrição dos níveis do Domínio Cognitivo da Taxonomia de Bloom.

(conclusão)

NÍVEL	DEFINIÇÃO	OBJETIVOS EDUCACIONAIS PRETENDIDOS
Síntese	Reconhece as partes elementares da comunicação e combina-as, formando uma nova estrutura.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar novas situações de análise e verificação experimental. - Selecionar técnicas e métodos científicos para análise dos produtos. - Transformar as unidades de medida corretamente. - Descrever os processos físicos e químicos de seu cotidiano.
Avaliação	Fazer julgamentos com relação ao material e as informações apresentadas, bem como os métodos e técnicas utilizadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Solucionar problemas na sua profissão. - Reconhecer o papel da Física e da Química no meio produtivo, industrial e rural. - Verificar a qualidade do produto por meio de procedimentos científicos.

Fonte: definição adaptada de Bloom et al (1974).

3.6.1.2 Domínio afetivo

Este domínio está relacionado aos sentimentos e emoções na relação do sujeito com o objeto de ensino. Refere-se ao grau de aceitação ou rejeição dos fenômenos em estudo, demonstrados pelos seus interesses, atitudes, valores e disposição com o fenômeno ao qual foi exposto.

Quadro 11. Descrição dos níveis do Domínio Afetivo da Taxonomia de Bloom.

(continua)

NÍVEL	DEFINIÇÃO	OBJETIVOS EDUCACIONAIS PRETENDIDOS
Acolhimento	Prestar atenção, mesmo em nível semiconsciente, ao objeto de estudo. Percepção; disposição para receber a informação e atenção controlada.	- Prestar atenção na explicação.
Resposta	Desperta o interesse, indo além de só prestar a atenção. Aquiescência na resposta; disposição e satisfação a responder.	<ul style="list-style-type: none"> - Responder aos questionamentos; - Fazer questionamentos; - Responder as questões dos experimentos; - Inquietar-se na busca de soluções ao problema apresentado.
Valorização	É uma crença, um valor, em que o estudante passa a internalizar em si de modo que tenha convicção desse fenômeno ou objeto e o aceita.	<ul style="list-style-type: none"> - Aceitar e internalizar os conceitos e fenômenos estudados; - Interessar-se pelo estudo das Ciências e pelas atividades experimentais.

Quadro 11. Descrição dos níveis do Domínio Afetivo da Taxonomia de Bloom.

(conclusão)

NÍVEL	DEFINIÇÃO	OBJETIVOS EDUCACIONAIS PRETENDIDOS
Organização	À medida que vão surgindo vários valores pertinentes ao estudante, o mesmo organiza estes valores em um sistema e busca relação entre os valores e possivelmente estabelece o valor dominante.	- Mostrar autoconfiança na realização das atividades e resolução dos problemas.
Caracterização	Os valores são organizados em um sistema consistente e que passa a controlar o comportamento do estudante.	- Querer saber mais sobre o assunto.

Fonte: definição adaptada de Bloom, Krathwohl e Masia (1974).

3.6.1.3 Domínio psicomotor

O domínio psicomotor refere-se ao desenvolvimento das ações de coordenação e manipulação de objetos. Ou seja, refere-se a uma “habilidade muscular ou motora, alguma manipulação de material e objetos ou algum ato que requer coordenação neuromuscular” (BLOOM, KRATHWOHL, MASIA, 1974, p. 8). O próprio Bloom, não havia definido os níveis desse domínio, entretanto, utilizou-se como base para a pesquisa, o domínio psicomotor descrito por Elizabeth Simpson (1996 apud Thomas, 2004). O domínio psicomotor, segundo Simpson, descreve as habilidades desde as respostas guiadas até as respostas complexas. No quadro 12, são apresentados os sete níveis descritos segundo Simpson (1996).

Quadro 12. Descrição dos sete níveis do Domínio Psicomotor.

(continua)

NÍVEL	DEFINIÇÃO	OBJETIVOS EDUCACIONAIS PRETENDIDOS
Percepção	É o processo de tornar ciente o objeto, qualidades etc., por meio dos sentidos. Basicamente a situação-interpretação-ação da atividade motora. Pode incluir estimulação sensorial, seleção de sinalização, tradução.	- Reconhecer a Física e a Química envolvida nas atividades; - Selecionar os métodos para verificação e obtenção dos resultados no experimento.
Conjunto	Prontidão para um tipo particular de ação ou experiência. Essa prontidão ou ajuste preparatório pode ser mental, físico ou emocional.	- Disponibilizar-se para a realização da atividade experimental; - Estar preparado para realizar a atividade.
Resposta Orientada	Ato comportamental manifestado pelo indivíduo sob orientação de um instrutor, ou seguindo critérios de um modelo ou conjunto. Pode incluir a imitação de outra pessoa, ou tentativa e erro até que uma resposta apropriada seja obtida.	- Adaptar a atividade experimental para outros contextos; - Reproduzir e repetir os processos de obtenção dos resultados experimentais em forma escrita.

Quadro 12. Descrição dos sete níveis do Domínio Psicomotor.

(conclusão)

NÍVEL	DEFINIÇÃO	OBJETIVOS EDUCACIONAIS PRETENDIDOS
Mecanismo	Ocorre quando uma resposta aprendida se tornou habitual. Neste nível, o aluno alcançou certa confiança e proficiência ou desempenho. O ato torna-se parte de seu repertório de possíveis respostas a estímulos e demandas de situações.	<ul style="list-style-type: none"> - Manipular os instrumentos experimentais; - Misturar soluções; - Ter bons reflexos para cronometragem de tempo.
Complexo	Resposta aberta. Desempenho de um ato motor que é considerado complexo devido ao padrão de movimento exigido. Pode incluir resolução de incerteza, isto é, feito sem hesitação; e desempenho automático, finamente coordenado com grande facilidade e controle muscular.	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustar gráficos; - Formular equações para análise de resultados gráficos; - Combinar equações para obtenção de resultados.
Adaptação	Alteração de atividades motoras para atender demandas de situações problemáticas.	<ul style="list-style-type: none"> - Converter unidades de medida; - Integrar os termos científicos na prática profissional.
Original	Criação de novos atos motores ou formas de manipular materiais a partir de competências, habilidades e entendimentos desenvolvidos na área psicomotora.	<ul style="list-style-type: none"> - Construir mecanismos de análise da qualidade de matéria-prima e produtos a partir dos conhecimentos científicos; - Criar novas situações experimentais para análise científica; - Escrever relatórios.

Fonte: definição segundo Simpson (1996, apud Thomas, 2004).

O domínio psicomotor, dentre os três domínios, é o mais complexo para verificação de competências e habilidades durante o processo de desenvolvimento em sala de aula. Este domínio requer do professor capacidades para observar todos de forma integral, além de identificar traços que demonstram as habilidades dos alunos na execução das atividades práticas. Assim, na implementação das atividades, foram sendo observadas as atitudes e comportamentos dos estudantes em manusear os equipamentos. Também foram feitas anotações das observações no desenvolvimento da atividade, do interesse em realizar os experimentos e da interação com os colegas.

Para cada nível dos domínios da Taxonomia de Bloom, foram atribuídos um valor de 0 (zero) a 4 (quatro) considerando o nível de capacidades e habilidades desenvolvidas pela turma. Portanto, no quadro 13 estão apresentadas as definições quanto à pontuação de acordo com os níveis dos domínios. Ao atingir o quarto nível, significa que a turma desempenhou muito bem as atividades. Esses valores foram pontuados nas atividades, segundo a análise da evolução quanto ao desenvolvimento e desempenho da turma a partir dos relatórios, pré-teste e pós-testes.

Quadro 13. Escore para a análise mediante a Taxonomia de Bloom.

Valor	Descrição
0	Não atingiu o nível.
1	Baixo nível de capacidade e habilidade.
2	Nível mediano de capacidade e habilidade.
3	Alto nível de capacidade e habilidade

Fonte: autora.

Zabala (1998) afirma que o conhecimento e a experiência são fundamentais para a excelência profissional, sendo que o conhecimento das variáveis pode intervir na prática, e a experiência para controlar essas variáveis e conhecimentos. Em vista disso, o estudo realizado na Alemanha apresentou excelentes oportunidades de descrever outro viés sobre a prática do processo de ensino e aprendizagem.

3.6.2 A observação da prática de ensino e aprendizagem no contexto da Tecnologia em Alimentos na Hochschule Osnabrück – Alemanha.

Para que fosse possível à realização deste estudo na Alemanha, teve-se definido alguns pontos, tais como: período de pesquisa, tipo de pesquisa, instrumento a serem utilizados, tipo de informações coletadas e definir o papel da pesquisadora em todo o processo. Em vista disso, era essencial ter clareza quanto às formas e objetos de observação (*o que e como observar*) e das contribuições que este estudo traria para a prática de ensino e formação científica e profissional dos graduandos do curso de Tecnologia em Alimentos da UFSM. No entanto, devido ao período disponível para a pesquisa na Alemanha ter sido no segundo semestre de 2019, as contribuições da mesma foram direcionadas para a avaliação da proposta.

Nas primeiras conversas com o professor da Alemanha, discutiu-se como seria essa participação em sala de aula. Inicialmente, teve-se como ideia, somente a observação do processo de ensino e aprendizagem em aula, sem haver a participação ativa da pesquisadora. Porém, após algumas trocas de e-mails, o professor também disponibilizou as aulas práticas de laboratório, para realizar as observações. Essa forma possibilitaria a obtenção de maiores informações e detalhes sobre o estudo teórico e prático das ciências aplicadas ao contexto profissional dos sujeitos. Para isso ser possível, o calendário da pesquisa teve que ser modificado. Pensando que estas seriam as últimas modificações, o professor da Alemanha teve a ideia de incrementar a pesquisa. Neste caso, não seriam mais somente observações, mas,

também, a interação (participação ativa) com os estudantes de modo a explorar o máximo de informações possíveis. Dessa forma, as observações iniciaram no dia 26 de setembro de 2019, ocorrendo nas disciplinas teóricas e práticas sobre a Física dos Alimentos. O estudo teórico e prático foram realizadas nas quintas-feiras no período compreendido das 9h às 12h (aula prática), das 13h15 às 14h45 (aula teórica) e das 15h às 18h (aula prática). Acontecendo as aulas teóricas em uma sala de aula com projetor e as aulas práticas no Laboratório de Tecnologia e Física de Alimentos, todas no campus Haste da Universidade de Ciências Aplicadas.

Todo o material era disponibilizado, pelo menos, uma semana antes, para que os estudantes tivessem acesso e já estudassem o material. O material da disciplina, assim como de todas as outras, foi disponibilizado no portal OSCA⁹. Por meio deste portal, os estudantes tiveram acesso de informações sobre sua situação na universidade, sobre os conteúdos e atividades solicitadas pelos docentes, como, por exemplo, os exercícios.

O material didático disponibilizado aos estudantes foi elaborado pelo professor da disciplina, tendo como base o livro *Lebensmittelphysik* (FIGURA, 2004) de própria autoria. Este livro apresenta aplicações da Física na prática do tecnólogo em alimentos, abordando os conceitos de Física dos Alimentos. Assim, o material didático, fornecido aos estudantes, contém a descrição tanto dos conceitos teóricos, quanto dos roteiros experimentais que são realizados nas aulas práticas de laboratório. O formato deste material é semelhante aos cadernos didáticos elaborados pela pesquisadora.

O planejamento da disciplina *Lebensmittelphysik* levou em consideração os seguintes tópicos: definição dos objetivos de aprendizagem; objetivo da tarefa a ser realizada; o conteúdo de Física a ser estudado; o material experimental; tarefas e a avaliação. Os conteúdos abordados nesse material e ensinados em aula, seguindo a sequência, foram: Mecânica (análise dos resultados de medida, movimento translacional e rotacional); Fluidos (densidade, fluxo de escoamento, atividade da água, viscosidade); Propriedades Ópticas e; Termodinâmica.

Em relação à prática realizada no laboratório pelos estudantes da disciplina de Física dos Alimentos, faz-se uma ressalva: nas aulas práticas, a turma dividiu-se em dois grupos maiores (Grupo A e Grupo B), que eram formados por grupos menores de dois a três integrantes. A realização das atividades experimentais acontecia na parte matutina (Grupo A) e na parte vespertina (Grupo B). Assim, a prática no laboratório contava com a participação de

⁹ Este portal é semelhante ao portal do Aluno da UFSM, incluindo a ferramenta Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment. Um software livre em um ambiente virtual, com objetivo de fornecer um apoio à aprendizagem).

12 estudantes no Grupo A (divididos em quatro grupos menores) e de 13 estudantes no grupo B (divididos em quatro grupos menores).

No segundo semestre de 2019, foram realizadas quatro atividades experimentais, com os seguintes temas: 1. Análise térmica; Umidade e atividade da água; 2. Fluidos, viscosidade e comportamento do fluxo; 3. Pó; 4. Bebidas e suas interfaces. Cada uma dessas atividades apresentava um número específico de experimentos. As quatro atividades em laboratório foram realizadas em uma rotatividade de grupos por semana, da seguinte forma: no dia da prática de laboratório (as quintas-feiras) cada pequeno grupo (dupla ou trio) realizava uma dessas atividades, sendo feito o rodízio dos grupos nas atividades, na aula seguinte. Então, o grupo A1 que realizar a atividade 1, na semana seguinte realizará a atividade 2, e na próxima aula a atividade 3 e assim por diante, conforme apresentado no quadro 14. Assim, ao final do semestre, todos os grupos haviam realizado todas as quatro atividades. Estas as atividades experimentais deveriam ser entregues em formato de relatório. Duas vezes no semestre o professor dava um *feedback* ao aluno, relatando as dificuldades, os erros e acertos na escrita dos relatórios.

Quadro 14. Esquema de rotação dos grupos na realização dos experimentos.

GRUPO	Atividade experimental	1 ^a AULA	2 ^a AULA	3 ^a AULA	4 ^a AULA	5 ^a AULA	6 ^a AULA
A (manhã)	1. Análise térmica, umidade e atividade da água.	A1	A4	<i>Feddback</i>	A3	A2	<i>Feddback</i>
	2. Fluidos, viscosidade e comportamento do fluxo.	A2	A1	<i>Feddback</i>	A4	A3	<i>Feddback</i>
	3. Pó.	A3	A2	<i>Feddback</i>	A1	A4	<i>Feddback</i>
	4. Bebidas e suas interfaces.	A4	A3	<i>Feddback</i>	A2	A1	<i>Feddback</i>
INTERVALO							
GRUPO	EXPERIMENTO	1 ^a AULA	2 ^a AULA	3 ^a AULA	4 ^a AULA	5 ^a AULA	6 ^a AULA
B (tarde)	1. Análise térmica, umidade e atividade da água.	B1	B4	<i>Feddback</i>	B3	B2	<i>Feddback</i>
	2. Fluidos, viscosidade e comportamento do fluxo.	B2	B1	<i>Feddback</i>	B4	B3	<i>Feddback</i>
	3. Pó.	B3	B2	<i>Feddback</i>	B1	B4	<i>Feddback</i>
	4. Bebidas e suas interfaces.	B4	B3	<i>Feddback</i>	B2	B1	<i>Feddback</i>

Fonte: autora.

O laboratório de Física dos Alimentos tem como principal objetivo a análise das propriedades físicas relevantes para a qualidade dos alimentos. Portanto, são realizados estudos sobre a resistência a ruptura do alimento, as propriedades do fluxo de alimentos, atividade da

água, tamanho da partícula, assim como, a análise das propriedades térmicas dos alimentos, seu valor calorífico, processos de fusão e solidificação, processos de secagem e estudos do sistema termogravimétrico em geral (HOCHSCHULE OSNABRÜCK, 2020). Além das aulas práticas, o laboratório de Física dos Alimentos atende a outras demandas, como: a realização de cursos e estágios, o apoio de trabalhos e projetos dos alunos, suporte para os trabalhos finais do curso e realização de análises e projetos de pesquisa, conforme descrito pela Hochschule Osnabrück.

As atividades experimentais foram supervisionadas por um engenheiro de laboratório que contou com a colaboração de duas pessoas para a supervisão e orientação, sendo este, um estudante estagiário e a própria pesquisadora. A atividade 1 foi supervisionada pelo engenheiro de laboratório, a atividade 2 foi supervisionada pela pesquisadora e as atividades 4 e 5 foram supervisionadas por um estudante estagiário. No entanto, o engenheiro de laboratório, acompanhava (de longe) as demais atividades.

Nesta disciplina de práticas de laboratório, os estudantes eram avaliados por meio da sua interação com os experimentos e seus colegas de grupo, por meio do relatório (protocolo) de cada atividade e pelo colóquio, sendo este um diferencial para o estudo. Esse colóquio é um tipo de estudo dirigido, em que há a interação do professor com seus estudantes, por meio do diálogo questionador. O diálogo era realizado por meio de questionamentos do professor, sobre o conteúdo da atividade desenvolvida pelos estudantes, e estes ao serem instigados, deveriam responder com os conhecimentos que apresentavam até o momento.

Este colóquio foi realizado por todos os grupos, mas não simultaneamente. Assim, durante as atividades, o grupo A1 começava participando do colóquio e os demais grupos realizavam as suas atividades. O colóquio constitui-se de uma forma de avaliação instrucional, de modo que o professor discute com seus alunos, os conceitos físicos abordados na atividade experimental do dia, orientando os discentes nos objetivos de aprendizagem que foram pretendidos para a presente atividade. Nesse Colóquio, o professor orienta seus alunos quanto aos objetivos de aprendizagem, dialoga, questiona e argumenta algumas etapas do procedimento experimental. Portanto, era necessária uma leitura prévia do material, por parte dos estudantes, pois sem essa leitura, o aluno teria dificuldade em realizar os experimentos e não conseguiria responder os questionamentos do professor. Essa forma de realizar as atividades permite ao professor investigar mais de perto, os conhecimentos e as dificuldades que cada estudante apresenta e, ainda, permite ao estudante a prática reflexiva, facilitando a escrita do relatório.

Após ter participado do colóquio, o primeiro grupo realiza os experimentos. Nisto, o segundo grupo vai para a sala do professor, realizando o colóquio. Entretanto, o tema não é o

mesmo que do grupo anterior. O tema é referente ao tópico da atividade que estão realizando no laboratório. Assim, quando estes retornam aos seus experimentos, outro grupo se dirige para a sala do professor e realiza o colóquio até que todos os grupos tenham participado dessas duas etapas.

De modo geral, o estudo realizado na Alemanha, teve como principal fonte de obtenção de informações, as observações realizadas durante as atividades experimentais. Nessas observações, tomou-se o cuidado de verificar as dificuldades e facilidades na realização dos experimentos, buscando traços do desenvolvimento de competências e habilidades na área e o desenvolvimento dos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor por estes estudantes.

4. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Para fundamentar a pesquisa, investigaram-se nos principais periódicos (nacionais e internacionais) da área de ensino, os artigos que apresentaram em suas pesquisas, pelo menos, um dos três elementos: o desenvolvimento de competências e habilidades no ensino de Ciências, o Ensino Explícito e o ensino de Ciências e, ainda, o ensino de Ciências articulado à produção de alimentos.

Entendendo que os artigos publicados em periódicos da área de ensino são, em sua maioria, partes constituintes de um estudo investigativo maior, para evitar duplicação de dados, optou-se por não contemplar outras formas de publicações, como as dissertações e teses. Portanto, para esse levantamento, foram elencados alguns critérios de busca e de escolha dos periódicos e artigos:

1. *Os periódicos foram selecionados segundo a avaliação Qualis pela Plataforma Sucupira na área de ensino.* Optou-se por verificar os periódicos na área de ensino, focando as pesquisas em ensino de Ciências, principalmente direcionadas ao ensino de Física e de Química. Portanto, os periódicos que, apesar de serem classificados como ensino, mas não tem suas pesquisas direcionadas para pesquisas em ensino das ciências naturais e exatas, foram desconsiderados neste levantamento. Além disso, foram considerados os periódicos avaliados com Qualis A1, A2, B1 e B2, no triênio de 2013 a 2016, pela Plataforma Sucupira;

2. *O período do levantamento bibliográfico foi de 2007 a 2017.* Iniciando o levantamento no ano de 2017, optou-se por um período de dez anos para realizar a investigação dos artigos nos periódicos, sendo um período suficiente para encontrar um número razoável de trabalhos relevantes e recentes na área, contendo um dos três elementos desta pesquisa (citados anteriormente);

3. *A seleção dos artigos focou na análise do título, palavras-chave e resumo.* Para otimizar a busca dos artigos, primeiramente fez-se a leitura do título, resumo e palavras-chave, buscando um dos conceitos-chave descritos no item seguinte (item 4). Após essa seleção, os artigos passaram por uma análise mais criteriosa, sendo feita a leitura na íntegra, avaliando se o trabalho era condizente com o que se almejava;

4. *Conceitos-chave investigados: ensino explícito; produtores e produção de alimentos; competências e habilidades científicas.* Os artigos selecionados deveriam conter pelo menos um dos conceitos-chave aqui descritos, de modo que suas traduções em inglês e espanhol também fossem consideradas. Esses três conceitos-chave, também chamados de “os três elementos da pesquisa”, são as principais palavras que descrevem o tema proposto por esta

pesquisa. De acordo com os conceitos-chave, o que se buscou nos artigos foram as seguintes considerações:

- Utilização do Ensino Explícito (ensino estruturado e diretivo) como base de uma estratégia de ensino no processo de ensino e aprendizagem: artigos que retratam em suas pesquisas a utilização do ensino explícito como referência em uma estratégia de ensino. Em outras palavras, artigos que apresentam estratégias de ensino e aprendizagem de Ciências por meio da gestão de aprendizagem e gestão de classe dos autores GAUTHIER, BISSONNETTE, RICHARD (2014).
- O desenvolvimento de competências e habilidades científicas: os artigos que apresentavam em suas pesquisas qualquer forma de desenvolvimento de competências e habilidades científicas.
- Produção de alimentos, formação acadêmica e atuação profissional na área de alimentos: artigos que relacionaram o ensino de Ciências nas práticas da agricultura e agroindústrias. Envolvendo a produção desde a matéria prima até a transformação em produtos industrializados e entregues aos consumidores.

No quadro 15, são apresentados os 16 periódicos selecionados e seus respectivos Qualis.

Quadro 15. Lista dos periódicos e seus respectivos QUALIS, do quadriênio 2013-2016, segundo a Plataforma Sucupira.

PERIÓDICO		Ensino
01	Alexandria	A2
02	Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática	A2
03	Caderno Brasileiro de Ensino de Física - CBEF	A2
04	Ciência & Educação	A1
05	Ciência e Natura	B2
06	Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências	A1
07	Enseñanza de las Ciencias	A1
08	Experiência em Ensino de Ciências	B1
09	Investigação em Ensino de Ciências - IENCI	A2
10	Revista Brasileira de Ciência do Solo	B2
11	Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologias - RBECT	A2
12	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC	A2
13	Revista Brasileira de Ensino de Física - RBEF	A1
14	Revista de Enseñanza de la Física	B1
15	Revista Electrônica de Enseñanza de las Ciencias - REEC	A2
16	Revista Electrônica de Investigación em Educacion em Ciencias - REIEC	A2

Fonte: Dados da Plataforma Sucupira disponível no link <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>.

O quadro abaixo apresenta o número de artigos encontrados de acordo com uma das especificações descritas anteriormente, contabilizando um total de 143 artigos.

Quadro 16. Relação dos periódicos e o número de artigos selecionados de acordo com os critérios do levantamento bibliográfico.

(continua)

PERIÓDICO	Total de artigos publicados entre 2007 e 2017	Total de publicações com os critérios da pesquisa.	Competências e Habilidades	Ensino Explícito	Produção de alimentos
Alexandria	238	03	02	00	01
Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática	131	03	02	00	01
Caderno Brasileiro de Ensino de Física - CBEF	374	05	05	00	00
Ciência & Educação	559	18	13	01	04
Ciência e Natura	1381	06	04	00	02
Ciência e Tecnologia de Alimentos	1522	02	00	00	02
Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências	288	08	05	00	03
Enseñanza de las Ciencias	376	26	26	00	00
Experiência em Ensino de Ciências	369	20	11	00	09
Investigação em Ensino de Ciências - IENCI	298	13	12	01	00
Revista Brasileira de Ciência do Solo	1664	01	00	00	01
Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologias - RBECT	307	02	02	00	00
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC	302	09	05	02	02
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC	302	09	05	02	02
Revista Brasileira de Ensino de Física - RBEF	867	09	07	00	02
Revista de Enseñanza de la Física	230	09	05	00	04

Quadro 16. Relação dos periódicos e o número de artigos selecionados de acordo com os critérios do levantamento bibliográfico.

(conclusão)

PERIÓDICO	Total de artigos publicados entre 2007 e 2017	Total de publicações com os critérios da pesquisa.	Competências e Habilidades	Ensino Explícito	Produção de alimentos
Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias – REEC	349	10	08	00	02
Revista Eletrônica de Investigacion em Educacion em Ciencias	132	01	01	00	00
TOTAL	7865	143	108	04	31

Fonte: autora.

Observa-se que dos 143 artigos selecionados, 75,5% correspondem às competências e habilidades, 21,7% corresponde a produção de alimentos e agricultura em geral, e somente 2,8% abordam em suas pesquisas, uma metodologia de ensino com base no Ensino Explícito. No quadro acima, é possível ainda verificar que, não houve sequer uma pesquisa que apresentasse como tema ou objetivo da pesquisa, algo relacionado a este trabalho de doutorado. Comprovando a originalidade desta pesquisa de doutorado

Nas páginas seguintes deste capítulo são apresentados os quadros referentes aos artigos selecionados durante o levantamento bibliográfico. As referências completas dos artigos estão disponíveis no Apêndice E.

4.1 PERIÓDICOS SELECIONADOS

1. **Revista Alexandria**¹⁰: seu principal objetivo é a divulgação de pesquisas na área de ensino de ciências e matemática. É um periódico publicado pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina – SC (UFSC). Neste periódico, a busca por artigos que atendessem aos critérios estabelecidos por esta pesquisa, resultou em três artigos, conforme apresentado no quadro a seguir.

¹⁰ Endereço eletrônico < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria> >.

Quadro 17. Artigos selecionados da revista Alexandria.

Sujeitos da pesquisa	Elementos abordados no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes de Matemática	Competências em tecnologias digitais.	Discutir de que modo as tecnologias digitais contribui na formação de professores de Matemática para o ensino básico.	ZABEL e MALHEIRO S, 2015.
Estudantes de Química	Competências de comunicação, tomada de decisão, liderança e resolução de conflitos.	Investigar as interações entre os licenciandos, por meio de atividades cooperativas, analisando as funções de fala, processo cognitivo e social.	TEODORO, CABRAL e QUEIROZ, 2015.
Registros documentais sobre horta escolar.	Experiências com hortas escolares. Atitudes transdisciplinares.	Elaborar parâmetros pedagógicos para práticas em hortas escolares, transpondo a agricultura para escolas urbanas.	SILVA et al, 2015.

Fonte: autora.

2. **Revista Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**¹¹: destinado às pesquisas sobre formação de professores e sobre os processos de ensino e de aprendizagem em Educação em Ciências (Biologia, Química e Física), bem como Matemática e a Educação Ambiental. Editado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemáticas do Instituto de Educação Matemática e Científica pela Universidade Federal do Pará. O quadro 18 contém os trabalhos selecionados, encontrando-se como tópico de investigação, estratégias para o ensino e desenvolvimento de competências.

Quadro 18. Artigos selecionados da revista Amazônia.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes de Biologia e documentos curriculares	Competência pedagógica, reflexiva, tecnológica e contextualizada.	Investigar os conhecimentos e competências descritos nos planos de ensino e os implementados (trabalhados) nas disciplinas.	SILVA, JÓFILI e LEÃO, 2014.
Estudantes do Ensino Médio	Competências pessoais na formação cidadã.	Investigar como uma ferramenta didática sobre CTS incorporada à cultura científica pode ser elemento de incentivo para a aprendizagem significativa e interdisciplinar.	CHAVES e CHRISPINO, 2012.

¹¹ Link de acesso < <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia> >.

Quadro 18. Artigos selecionados da revista Amazônia.

(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Competências científicas críticas, reflexivas e conscientizadoras do meio ambiente.	É um relato em que se discute a importância da educação e da aprendizagem na construção de Sistemas Socioecológicos sustentáveis e resilientes. Hortas comunitárias.	PAVESI, FREITAS e LOPES, 2013.

Fonte: autora.

3. **Revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física**¹²: sua prioridade são os cursos de formação de professores de Física, com edição pelo portal de periódicos da UFSC. No quadro 19, estão os cinco artigos selecionados, dos quais todos tinham por assunto o desenvolvimento de competências e habilidades dos estudantes.

Quadro 19. Artigos selecionados do Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Competências argumentativas e postura crítica.	Relatar a utilização do laboratório problematizador com experimentos históricos para compreender os conceitos de eletromagnetismo e desenvolver competências.	PINTO, SILVA e FERREIRA, 2017.
Provas do ENEM	Competências e Habilidades em melhoria do desempenho dos alunos no exame do ENEM.	Investigar as questões de Física do ENEM, com base em sua matriz de referência, características e aproximação das situações-problemas sobre a Física com os PCN.	HERNANDEZ e MARTINS, 2013.
Provas do ENEM	Competências e Habilidades em melhoria do desempenho dos alunos no exame do ENEM.	Investigar as questões de Física do ENEM, com base em sua matriz de referência, características e aproximação das situações-problemas sobre a Física com os PCN.	HERNANDEZ e MARTINS, 2013.
Estudantes de Engenharia	Competências laboratoriais, capacidades de identificar, avaliar e resolver problemas.	Investigar o papel do laboratório de ciências na formação experimental de engenheiros.	PESA et al., 2014.

¹² Link de acesso < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index> >.

Quadro 19. Artigos selecionados do Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Competências e Habilidades de comunicação, de responsabilidade, criticidade e interpretação.	Apresentar uma experiência didática sobre a Física e a Arte (teatro) voltada à aprendizagem interdisciplinar.	BRAGA e MEDINA, 2010.
Estudantes de Engenharia	Competências e habilidades de reflexão crítica e autocrítica.	Avaliar uma estratégia de ensino, relacionando a teoria e a prática sobre instrumentos ópticos.	MENDONZA e DÍAZ, 2015.

Fonte: autora.

4. **Revista Ciência & Educação**¹³: os artigos científicos são referentes a pesquisas teóricas, práticas e ensaios originais sobre a educação em ciências, educação matemática e áreas afins. Sendo publicado pelo programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Bauru. Nesse periódico foram encontrados 17 artigos, sendo que um destes aborda o Ensino Explícito.

Quadro 20. Artigos selecionados da revista Ciência & Educação.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Agentes Rurais	Etnomatemática em práticas agrícolas.	Investigar a utilização da matemática por agentes rurais que exercem suas atividades junto a agricultores rurais.	MATTOS e BRITO, 2012.
Professores de Ciências	Competências de comunicação, raciocínio, atitudes.	Compreender as razões das práticas de sala de aula e as concepções dos professores no contexto em que estão inseridos.	CORREIA e FREIRE, 2010.
Estudantes de Química	Competências cognitivas e linguísticas	Investigar a resolução de problemas contextualizada com a História da Ciência.	GONZÁLEZ e GATICA, 2008.
Professores de Física	Competência de reflexão e autoanálise da sua prática.	Analisar a atuação docente no desenvolvimento da autonomia e compreensão de uma concepção de ensino com base na reflexão sobre a prática.	SCARINCI e PACCA, 2016.
Estudantes do Ensino Médio	Competências em resolução de problemas e de autoavaliação.	Investigar as capacidades dos estudantes de se autorregular, refletir e resolver problemas de física, utilizando os conhecimentos aprendidos.	HINOJOSA e SANMARTÍ, 2016.
Currículo e sistema educativo chileno	Habilidades para: elaborar, analisar, observar, registrar, organizar, explicar e interpretar.	Desenvolver uma matriz curricular, associando tópicos e habilidades sobre o conteúdo de Força.	ZUNICA, ARÉVALO e MAGGIO, 2014.

¹³ Link de acesso <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1516-7313&lng=pt&nrm=iso>.

Quadro 20. Artigos selecionados da revista Ciência & Educação.

(continuação)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes de Neuropsicologia	Habilidades cognitivas em neurociência: resolver problemas, perceber, elaborar e divulgar resultados, além de raciocinar e pensar criticamente.	Discutir e analisar como atividades investigativas favorecem o desenvolvimento de Habilidades cognitivas para investigação científica.	ZOMPERO, GONÇALVES e LABURÚ, 2017.
Professores de Biologia	Competências de pensamento científico.	Identificar e caracterizar as noções de ensino de Ciências e como se relacionam com o desenvolvimento de competências de pensamento científico.	MORENO, GATICA e SURDAY, 2012.
Estudantes de Engenharia Civil	Competências matemáticas para identificar, representar e resolver problemas, de comunicar na forma oral e escrita e aplicar conhecimentos em sua profissão.	Investigar se o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) favorece o desenvolvimento de algumas competências matemáticas.	CHIAPPE e MANJARRES, 2013.
Estudantes de Química	Ensino Explícito e a argumentação.	Analisar como um contexto de ensino explícito de argumentação influenciou o desenvolvimento de conhecimentos docentes de professores em formação inicial de Química.	IBRAIM e JUSTI, 2017.
Professores de matemática	Ensino de matemática em escolas técnicas agrícolas.	Estudar a formação de professores de Matemática e suas práticas em escolas Técnicas Agrícolas com base no contexto histórico rural do Brasil.	SALANDIM e GARNICA, 2010.
Estudantes de Física	Habilidades de formulação de perguntas.	Avaliar a implementação de uma proposta didática de modelagem computacional por meio do uso do diagrama AVM (adaptado do V de Gowin) e quais suas contribuições nas habilidades de formulação de perguntas.	LOPEZ, VEIT e ARAUJO, 2014.
Estudantes do Ensino Médio	Habilidades de pensamento crítico: atenção, observação, avaliação, síntese ...	Analisar as contribuições de objetos de aprendizagem de Termodinâmica no desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes.	BULEGON e TAROUCO, 2015.
Provas avaliativas nacionais	Habilidades cognitivas de compreensão, raciocínio e análise.	Apresentar um panorama sobre a inserção do estudante no processo de investigação científica, para ampliar sua visão sobre a ciência.	MAIA e JUSTI, 2008.
Estudantes de pós-graduação	Habilidades cognitivas em: propor, questionar, indagar, concordar, esclarecer, sintetizar.	Identificar as habilidades e as unidades temáticas desenvolvidas por pós-graduandos por meio do fórum de discussão do ambiente virtual Moodle.	MORENO, LEITE e AJZEN, 2013.

Quadro 20. Artigos selecionados da revista *Ciência & Educação*.

			(conclusão)
Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Professores de Química	Capacidades de argumentar, tomar decisões, ler e trabalhar em grupo.	Investigar a potencialidade da estratégia de ensino de estudo de caso no ensino de Química por professores da área.	FARIA e REIS, 2016.
Manuais escolares	Capacidades de raciocínio científico, questionamento e reflexão crítica.	Analisar como os manuais escolares lidam com o questionamento, enquanto recurso promotor do desenvolvimento de competências no aluno.	TORRES, ALMEIDA e VASCONCELOS, 2015.
Estudantes do Ensino Médio	Química dos alimentos.	Analisar as contribuições, da Teoria Sócio-Histórica, sobre a Química dos Alimentos, no processo de ensino e aprendizagem de jovens e adultos e verificar como estes formam os conceitos.	COSTA e ECHEVERRIA, 2013.

Fonte: autora.

5. **Revista Ciência e Natura**¹⁴: divulga trabalhos sobre as Ciências Naturais e Exatas, principalmente das áreas da Física, Matemática, Química, Biologia, Geociências, Meteorologia, Ensino e Meio Ambiente, e suas ligações interdisciplinares com demais publicações. Essa revista está indexada no Centro de Ciências Naturais e Exatas da UFSM.

Quadro 21. Artigos selecionados da revista *Ciência e Natura*.

			(continua)
Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Uso de agrotóxicos na agricultura.	Capacitar estudantes do Ensino Médio, filhos de agricultores para atuarem como multiplicadores dos conhecimentos na utilização correta de agrotóxicos.	ADAIME et al, 2014.
Estudantes do Ensino Médio	Competências, habilidades e atitudes em interpretação, argumentação e raciocínio lógico.	Apresentar uma proposta de ensino de Lógica a fim de suprir deficiências na interpretação, argumentação e raciocínio lógico, tornando a aprendizagem mais significativa.	MARTINS e SOUZA, 2015.
Estudantes do Ensino Médio	Competências de investigação e compreensão em geometria.	Investigar as soluções desenvolvidas por adolescentes de um Centro de Sócio Educação referente ao desenvolvimento de competências na construção de uma maquete para reforma da praça pública.	BRITO e ALMEIDA, 2015.
Estudantes do Ensino Fundamental	Competências e habilidades de resolução de problema	Revisar as habilidades necessárias para resolução de problemas e avaliar os testes que permitem analisar essas capacidades.	RUPPENTHAL et al, 2015.

¹⁴ Link de acesso <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/index>>.

Quadro 21. Artigos selecionados da revista Ciência e Natura.

(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Comunidade escolar e Estudantes de Biologia	Habilidades de oralidade, criticidade e autonomia.	Promover uma Feira de Ciências envolvendo toda a comunidade escolar a fim de socializar os saberes e desenvolver competências e habilidades.	CARVALHO et al, 2014.
Profissionais da Indústria de alimentos	Produção de Alimentos.	Investigar novos métodos de tecnologia da informação para venda de produtos alimentícios no Irã.	MASHHADI, TEHRANI e PORSALIMI, 2015.

Fonte: autora.

6. **Revista Ensaio – Pesquisa e Educação em Ciências**¹⁵: Publica artigos, ensaios e relatos de pesquisa empírica no campo da Educação em Ciências, atendendo ao público de estudantes pesquisadores de pós-graduação das áreas de Educação Científica, Ensino das Ciências da Natureza, da Educação em Saúde e Ambiental e de professores em formação inicial ou continuada no campo de Ciências Naturais e de profissionais da educação básica envolvidos com a Educação em Ciências. Este periódico é organizado pelo Centro de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Quadro 22. Artigos selecionados da revista Ensaio – Pesquisa e Educação em Ciências.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Professores de Física em formação continuada.	Competências em tomada de decisão, avaliar e reformular o planejamento, desenvolver o espírito crítico.	Conhecer os fatores que influenciam a mudança conceitual do professor acerca do ensino e da prática na sala de aula.	SILVA e PACCA, 2011.
Professores do Ensino Fundamental	Competências em planejamento docente e relações sociais, trabalho cooperativo.	Observar quais fatores foram fundamentais para a escolha da docência na Educação Científica.	BRICCIA e CARVALHO, 2016.
Estudantes do Ensino Médio	Habilidades de leitura e escrita.	Apresentar atividades de leitura e interpretação com o tema Água que proporcionam competências na matriz de referência do ENEM.	BARBOSA et al, 2016
Professores de Ensino Fundamental e Médio	Competências profissionais na aplicação experimental: observar, manipular, investigar e demonstrar.	Discutir competências profissionais exigidas para aplicação de experimentos de ciência em sala de aula.	COQUIDÉ, 2008.

¹⁵O acesso da revista online pode ser feito pelo link <https://seer.ufmg.br/index.php/ensaio>.

Quadro 22. Artigos selecionados da revista Ensaio – Pesquisa e Educação em Ciências.

(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Professores e estudantes da educação básica	Problematização, intervenção e transformação socioambiental.	Analisar as possibilidades de ressignificação da prática de ensino de Ciências e de Matemática como ferramenta pedagógica em escolas do Campo.	PANIAGO, ROCHA, PANIAGO, 2014.
Professores de Biologia e Pedagogia	Educação no campo relacionando o ensino com a cultura do sujeito no meio em que vive.	Investigar os conteúdos selecionados pelos professores de Ciências de escolas do campo.	CARDOSO e ARAÚJO, 2012.
Professores de Química e Biologia do Ensino Fundamental	Tema Leite. Alfabetização Científica e Tecnológica. Promover a argumentação e a tomada de decisão por parte dos alunos.	Analisar o que os livros didáticos apresentam e como os professores abordam o ensino de Química, propondo uma abordagem interdisciplinar com o tema Leite, para a Alfabetização Científica e Tecnológica.	MILARÉ e ALVES FILHO, 2010.
Estudante do Ensino Médio	Competências e habilidades em investigação e compreensão.	Apresentar uma discussão sobre diferentes abordagens de atividades investigativas no ensino de Ciências, que proporcione aprendizagem de conceitos, procedimentos e habilidades.	ZÔMPERO e LABURÚ, 2011.

Fonte: autora.

7. **Revista Enseñanza de las Ciencias**¹⁶: destina-se aos professores e pesquisadores da área de ciências e matemática que possam contribuir para os avanços do conhecimento científico na área do ensino de ciências e matemática. No quadro 23, estão descritos os artigos selecionados.

Quadro 23. Artigos selecionados da revista Enseñanza de las Ciencias.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Competências e habilidades em conhecer, planejar e manipular alimentos.	Apresentar um marco teórico sobre o desenvolvimento de competências em alimentação.	RAMOS, GARRIDO e LÓPEZ, 2013.

¹⁶ Link de acesso <<http://ensciencias.uab.es/index>>.

Quadro 23. Artigos selecionados da revista Enseñanza de las Ciencias.

(continuação)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Fundamental	Competências científicas.	Apresentar uma experiência de aprendizagem colaborativa para o desenvolvimento de competências científicas introduzindo a história da Ciência e Tecnologia, concepções prévias sobre a natureza das ciências e a aprendizagem colaborativa.	LIRES et al, 2011.
Estudantes do Ensino Médio	Competências em compreender, expor, argumentar, analisar, sintetizar, criar, de atitude e em equipe.	Estudar uma atividade sobre um problema real sobre qualidade do ar das cidades.	COBOS e RUZ, 2012.
Estudante do Ensino Médio	Competências matemáticas de interpretação e resolução de problema.	Discutir o problema da interpretação de competências matemáticas a fim de superar controvérsias na descrição do currículo de matemática.	ROMERO, MARÍ e BATALLANOS, 2014.
Estudante do Ensino Médio	Competências em geometria e de comunicação.	Investigar o desenvolvimento do trabalho colaborativo com aprendizagem interativa por meio do uso da informática a fim de potencializar e analisar o desenvolvimento de certas competências matemáticas.	RAMÓN e LORENZON, 2009.
Estudantes do Ensino Médio	Capacidades de elaboração e interpretação gráfica.	Investigar se os alunos desenvolvem habilidades de conteúdos procedimentais de ciências por meio da elaboração e interpretação gráfica.	NÚÑEZ, HERNÁNDEZ e ARANDA, 2009.
Professores de Ciência e componentes curriculares	Competências científicas conceituais, metodológicas e atitudinais.	Avaliar a importância dos componentes curriculares para o desenvolvimento das competências científicas. Tema higiene bucal.	MARISCAL, LÓPEZ e RAMOS, 2013.
Estudantes do Ensino Médio	Competências matemática em modelagem matemática e interpretação gráfica.	Investigar a aplicação do Modelo de Competência Matemática para o estudo da competência de modelagem.	SOLAR, DEULOFEU e AZCÁRATE, 2015.
Estudantes de Engenharia Técnica em Gestão de Informática	Competência matemática em resolução de Equações Diferenciais.	Investigar se o uso contínuo da metodologia baseada em análise de erros melhora o desenvolvimento das competências matemáticas, no estudo de equações diferenciais.	SÁNCHEZ e BRAVO, 2013.
Estudantes do Ensino Médio	Competências em modelagem científica de representação, interpretação e aplicação.	Analisar o papel das analogias na mobilização e no desenvolvimento de capacidades e valores relacionados às atividades de modelagem científica.	ARAGÓN e NAVARRETE, 2013.
Professores em formação inicial e análise documental.	Competências curriculares: conhecer, elaborar, integrar atividades e materiais educativos.	Propor um mecanismo de seleção de competências para a formação inicial de professores de ciências experimentais.	PALACIOS et al, 2014.

Quadro 23. Artigos selecionados da revista Enseñanza de las Ciencias.

(continuação)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Professores em formação inicial e análise documental.	Competências curriculares: conhecer, elaborar, integrar atividades e materiais educativos.	Propor um mecanismo de seleção de competências para a formação inicial de professores de ciências experimentais.	PALACIOS et al, 2014.
Jogos online	Competências e habilidades por meio de jogos interativos, pensamento crítico.	Avaliar os elementos de comunicação e educativos de jogos online sobre mudanças climáticas como ferramenta de ensino.	OUARIACHI, LOBO e PÉREZ, 2017.
Estudantes do Ensino Médio	Competências em resolução de problemas de álgebra: aplicar representar e interpretar.	Apresentar um exemplo de análise da competência na resolução de problemas de álgebra com enunciados verbais.	FILLOY, PUIG e ROJANO, 2008.
Professores de Química	Competências científicas de pensamento científico, resolução de problemas.	Identificar e caracterizar as noções de professores de química sobre as competências do pensamento científico, resolução de problemas e a interação entre ambos.	QUINTANILLA et al, 2010
Estudantes de magistério	Competências matemáticas em resolução de problemas	Avaliar os conhecimentos das funções matemáticas de professores em formação comparando com demais estudantes e elaborar uma prática de competências matemáticas.	CASTRO, 2007.
Estudantes do Ensino Fundamental	Competências no ensino de circuitos elétricos: descrição, realização, montagem de um circuito.	Elaborar e colocar em prática uma unidade didática sobre circuitos elétricos e avaliar alguns dos efeitos produzidos na aprendizagem do aluno.	BUENO e MORENO, 2010.
Estudantes do Ensino Fundamental	Competências científicas de tomada de decisão, autonomia, flexibilidade e trabalho em equipe.	Elaborar uma proposta de sequência de ensino experimental sobre modelo corpuscular da matéria e avaliar a aprendizagem por competências e por conteúdos.	BENARROCH e NÚÑEZ, 2015.
Estudante de Química	Competências curriculares educacionais.	Identificar as potencialidades de um currículo baseado nas capacidades educativas aplicando uma unidade didática em professores em formação inicial.	GIMÉNEZ e AYMERICH, 2016.
Estudantes do Ensino Médio	Competências argumentativas em interpretação gráfica.	Investigar os argumentos de interpretação de funções gráficas como competência matemática.	SOLAR, AZCÁRATE e DEULOFEU, 2011.
Estudantes ingressantes e egressos da universidade	Competências científicas: identificar e explicar problemas e fenômenos científicos.	Analisar quais as competências que os estudantes apresentam ter ao ingressarem no curso de Bioquímica e Ciências Biológicas.	FALICOFF, ODETTI e CASTIFIEIRAS, 2013.

Quadro 23. Artigos selecionados da revista Enseñanza de las Ciencias.

(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes de Educação Primária	Competências profissionais em Educação Sustentável, tomada de decisão, pensamento crítico.	Investigar a formação de professores de educação sobre a relação da educação para a sustentabilidade no ponto de vista das competências.	CEBRIÁN e PUBILL, 2014.
Professores Universitários	Competências e habilidades do pensamento científico.	Relacionar a visão dos professores universitários sobre o que é a ciências e como ela é aprendida.	GALAZ e WEIL, 2013.
Professor de Ensino Fundamental	Competências sobre sustentabilidade.	Analisar as concepções e atitudes de professores do magistério sobre a incorporação da sustentabilidade em sua prática.	ULL et al, 2013.
Estudantes Ensino Fundamental	Competências científicas: atitudes, reflexão crítica e trabalho em equipe.	Avaliar as competências científicas de uma atividade investigativa por meio da contextualização.	MARISCAL, 2015.
Estudantes de Engenharia	Habilidades de resolução de problemas.	Investigar como a resolução de problemas baseada na investigação pode ajudar no desenvolvimento de habilidades no procedimento de metodologia científica.	ARANZABAL et al, 2011.
Estudantes do Ensino Médio	Competências científico-tecnológicas.	Avaliar se um método indagativo com metodologia de resolução de problemas de investigação é adequado para o desenvolvimento de competências científicas.	MARTÍNEZ e AZNAR, 2013.

Fonte: autora.

8. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**¹⁷: dedica-se a publicações de trabalhos de pesquisadores e professores da área de ensino de ciências no Brasil, de forma a publicar artigos especificamente de ensino de ciências. Sendo exclusivamente de trabalhos de ensino de ciências, a partir dos três elementos desta pesquisa, foram selecionados 20 artigos, tendo por abordagem, em sua maioria, a apresentação dos resultados da utilização de novas estratégias de ensino de ciências para a aprendizagem do estudante, destacando as competências e habilidades a serem desenvolvidas nesses estudantes.

¹⁷ Link de acesso <<http://if.ufmt.br/eenci/index.php>>.

Quadro 24. Artigos selecionados da revista Experiências em Ensino de Ciências.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ano de publicação
Estudantes do Ensino Fundamental	Competências argumentativas com questões sócio científicas.	Interpretar como os estudantes desenvolveram a competência argumentativa por meio das questões sócio científicas e quais foram suas principais dificuldades nessas discussões.	MACEDO e LOPES, 2017.
Estudantes do Ensino Fundamental	Produção Agrícola. Interpretação de leitura científica.	Investigar a elaboração e aplicação de uma ferramenta lúdica (jogo de tabuleiro) com o tema transversal a agricultura local.	SIQUEIRA, FRANCO e MOREIRA, 2016.
Estudantes do Ensino Fundamental	Conhecimentos Agroecológicos.	Elaborar uma estratégia didática de ciências a partir de conhecimentos agroecológicos, de forma contextualizada e facilitadora, relacionando teoria e prática.	SOARES et al, 2017.
Estudantes do Nível Médio/ técnico agrícola	Estudo da Física dos Fluidos (sistemas de irrigação) de forma lúdica.	Contextualizar vivências dos alunos de um curso técnico em agricultura, com animação em flash, de modo que promovesse o ensino e aprendizagem sobre Fluidos.	WERLANG, SCHNEIDER e SILVEIRA, 2008.
Estudantes do curso técnico agrícola	Educação ambiental problematizadora e pensamento crítico.	Alterar a consciência ingênua dos indivíduos sobre educação ambiental e práticas pedagógicas, por meio de uma atividade baseada na educação problematizadora de Paulo Freire.	BARBOSA e PIRES, 2011.
Estudantes do Ensino Fundamental	Capacidades de identificação e composição de solos.	Avaliar o uso de palestras e experimentos na aprendizagem de conceitos de solos por discentes do Ensino Fundamental.	WEBER et al, 2017.
Estudantes do Ensino Médio	Construção de mapas conceituais sobre agrotóxicos.	Investigar aprendizagem sobre haletos orgânicos na construção de mapas conceituais, com a temática: agrotóxicos.	FREITAS FILHO et al, 2013.
Estudantes do Ensino Fundamental	Preservação do solo e sustentabilidade.	Identificar e analisar as concepções de estudantes sobre o tema solo e sua implicação com a sustentabilidade.	BRUM e SCHUHMACHER, 2014.
Estudantes do Ensino Fundamental	Competências tecnológicas em geometria plana e autonomia.	Analisar a contribuição do uso da técnica de sensoriamento remoto, por meio do Google Earth, na construção dos conceitos de Geometria Plana.	GIL, LIMA e LAHM, 2012.
Estudantes do Ensino Fundamental	Desenvolver competências e habilidades.	Avaliar a aplicação de aulas experimentais investigativas de microbiologia como recurso pedagógico, relacionando o conhecimento prévio do estudante com situações do cotidiano.	SOUTO et al, 2015.
Estudantes do Curso Técnico em Eletrônica	Competências linguísticas e comunicativas.	Discutir a formação, fundamentada na teoria da ação comunicativa de Habermas, com questões de abordagem sócio científicas no ensino de Física.	BOTOLETTTO, SUTIL e CARVALHO, 2016.
Estudantes do Ensino Médio	Competências de interpretação e aplicação de logaritmo e construção gráfica.	Verificar a eficácia de uma sequência didática para o estudo de logaritmos partindo de problemas cotidianos dos alunos.	FERREIRA e BISOGNIN, 2007.

Quadro 24. Artigos selecionados da revista *Experiências em Ensino de Ciências*.

(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Educação no campo, agrotóxicos e agroecologia.	Descrever uma experiência de ensino de Ciências em escola do campo por meio da Pedagogia da Alternância e o diálogo, sendo a realidade do aluno o ponto inicial.	MELLO et al, 2015.
Estudantes do Ensino Médio	Habilidades em trabalho colaborativo: identificação de variáveis, explicação, análise crítica, ...	Apresentar os resultados de uma experiência de laboratório virtual de Química, elaborando roteiros a partir do cotidiano.	MALACHIAS et al, 2007.
Estudantes do Ensino Médio	Habilidade lógico-matemática, relacionar, identificar e sintetizar.	Relatar a análise da implementação de atividades didáticas com uso de analogias no ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, análise do recurso analógico de circuito elétrico.	SILVA e TERRAZZAN, 2011.
Estudantes do ensino profissional técnico de Química	Tema LEITE, com enfoque CTS. Aquisição de atitudes, valores e habilidades.	Analisar as interações do professor e do aluno, suas percepções, atitudes, valores e habilidades adquiridas, por meio do tema sociocientífico no enfoque CTS.	SANTOS, AMARAL e MACIEL, 2010.
Estudantes de Química	Habilidades viso espaciais.	Desenvolver um método didático por meio de ferramentas computacionais para visualização e compreensão de representações de conteúdo de Química.	RAUPP, SERRANO e MOREIRA, 2009.
Estudantes do Ensino Fundamental	Habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais.	Identificar os subsunçores preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, analisando as habilidades de mapas conceituais de conceitos, procedimentos e atitudes.	SILVEIRA, 2008.
Estudantes de Ensino Superior de Tecnologia	Competências em preservação ambiental.	Investigar se a Pedagogia de projetos facilitaria o desenvolvimento de competências ligadas a preservação e contaminação ambiental.	ELIAS e AMARAL, 2015.
Estudantes do Ensino Médio	Competências e habilidades de autonomia, aprender a fazer e conviver. Tema gerador: água.	Apresentar uma experiência de sala de aula utilizando a Pedagogia de projetos na aprendizagem de Química e as competências e habilidades descritas no currículo, com o tema gerador a água.	SILVA e AMARAL, 2012.

Fonte: autora.

9. Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)¹⁸: voltada para a pesquisa na área de ensino e aprendizagem de Ciências (Física, Química, Biologia ou Ciências Naturais), de modo integrado, sendo uma revista internacional. Tendo como foco, na maioria dos artigos selecionados, o desenvolvimento e/ou investigação de competências por parte dos professores em formação inicial e continuada, demonstra uma preocupação na formação de profissionais

¹⁸ Link de acesso <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/index>>.

da área da docência. Dos treze artigos selecionados, tem-se um artigo que utiliza a metodologia do Ensino Explícito para investigar os saberes de licenciandos (graduandos em licenciatura plena) e seus formadores. No quadro abaixo, encontram-se maiores detalhes sobre os artigos selecionados. Com relação ao artigo referente ao Ensino Explícito, será feita uma discussão detalhada após a apresentação dos artigos selecionados.

Quadro 25. Artigos selecionados da revista *Investigação em Ensino de Ciências*.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Assunto abordado no artigo	Estratégia de abordagem da pesquisa	Autores/ ano de publicação
Documento PCN	Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização.	Oferecer alguns esclarecimentos acerca dos pressupostos fundamentais presentes nos PCN.	RICARDO e ZYLBERSZTAJN, 2008.
Professores formação continuada	Competência profissional.	Analisar o desempenho de professores em sala de aula referente a interação com foco no planejamento pedagógico.	PACCA, 2015.
Professores de Ciências	Competências atitudinais e processuais.	Caracterizar as concepções e práticas de avaliação de professores de Ciência físico-química do ensino básico e conhecer como integram a avaliação nas suas aulas no contexto de uma reorganização curricular.	CORREIA e FREIRE, 2014
Estudantes de Física	Competências: analisar, argumentar, elaborar resultados.	Avaliar o desenvolvimento cognitivo e de competências dos estudantes durante a implementação de uma proposta didática com atividades experimentais.	BRAVO e PESA, 2016.
Estudantes do curso de formação de professores	Competências no campo profissional	Identificar, através da análise experimental e dos contextos nas exposições interativas dos centros e museus de ciências, as condições necessárias para a apreensão da cultura científica na concepção pós-positivista.	CHINELLI e AGUIAR, 2009.
Estudantes de Física	Desenvolvimento de competências e habilidades.	Avaliar as contribuições da atuação como monitor de Física do Museu de Ciências, durante a formação e o início da docência.	TEMPESTA e GOMES, 2017.
Professores de Biologia	Desenvolver competências exigidas no currículo.	Diagnosticar as dificuldades, vantagens e percepções que professores de Biologia possuem sobre a implementação de estratégias CTS em Portugal.	BETTENCOURT, ALMEIDA e VELHO, 2014.
Estudantes de Física	Ensino Explícito e os saberes docentes.	Pesquisar os tipos de saberes que o professor comunica aos licenciandos durante a atividade de supervisão.	FEJOLO, PASSOS e ARRUDA, 2017
Estudantes, professor e pesquisador	Habilidades de investigação científicas. Pensar-fazer-comunicar.	Apresentar uma inovação didática de investigação guiada, utilizando o diagrama V de Gowin para promover a aprendizagem de habilidades científicas.	MARTÍN e AYMERICH, 2014.

Quadro 25. Artigos selecionados da revista *Investigação em Ensino de Ciências*.

(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Assunto abordado no artigo	Estratégia de abordagem da pesquisa	Autores/ ano de publicação
Professora de Biologia do Ensino Médio	Habilidades cognitivas, domínio epistêmico de linguagem e seus valores.	Analisar como uma professora de Biologia avaliou seus alunos através dos domínios de linguagem, valores e habilidades cognitivas, identificando as ferramentas utilizadas para elaborar as atividades contextualizadas.	OLIVEIRA e CALDEIRA, 2014.
Estudante de Ciências	Habilidades de resolução de problemas.	Apresentar uma metodologia de resolução de problemas em cursos de formação de professores de ciências.	GOI e SANTOS, 2014.
Revisão bibliográfica	Habilidades para ser indivíduo alfabetizado cientificamente.	Apresentar revisão bibliográfica sobre Alfabetização Científica, descrevendo como a ideia é discutida ao longo dos anos e identificar as habilidades que os autores dizem serem necessárias para serem indivíduos alfabetizados cientificamente.	SASSERON e CARVALHO, 2011.
Revisão bibliográfica	Desenvolvimento de habilidades e alfabetização científica.	Apresentar um levantamento bibliográfico, identificando trabalhos nacionais e internacionais que discutem práticas de ensino de Ciências, promovem o desenvolvimento de habilidades pelos alunos, e oferecer indicadores do processo de alfabetização científica.	PIZARRO e LOPES Jr., 2015.

Fonte: autora.

10. Revista Brasileira de Ciências do Solo¹⁹: publica trabalhos científicos no campo de Ciência dos Solos, sendo em sua maioria, publicações na área da pesquisa de tipos de solo, suas propriedades físicas e químicas. Encontrou-se um artigo com abordagem da pesquisa na área de ensino de Ciências, sendo este uma proposta experimental em sala de aula.

Quadro 26. Artigos selecionados da *Revista Brasileira de Ciências do Solo*.

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Material Didático sobre Solos	Densidade, gravimetria, volumetria de água que contém nos poros do solo.	Apresentar uma proposta de um método experimental para medir as propriedades físicas de densidade, conteúdo gravimétrico e volumétrico da água e porosidade, aplicáveis em laboratórios de ensino de física experimental básica.	PIRES, BRINATTI e SAAB, 2015.

Fonte: autora.

¹⁹ Link de acesso < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issues&pid=0100-0683&lng=pt&nrm=iso>.

11. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia²⁰: divulga trabalhos com foco no processo de ensino e aprendizagem, resultado de atuações profissionais da docência de modo a contribuir na produção de conhecimento e de novas estratégias pedagógicas. Abaixo se encontra a descrição dos dois artigos selecionados e analisados.

Quadro 27. Artigos selecionados da Rev. Bras. de Ensino de Ciências e Tecnologias.

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Habilidades didáticas em geometria e competências disciplinares.	Mostrar a necessidade de uma relação direta do conhecimento científico e habilidade didática por meio de discussões sobre a competência disciplinar e da habilidade didática.	BRUM e SCHUHMACHER, 2014.
Estudantes de graduação	Competências reflexivas, cooperativa e humanizadora.	Apresentar aos futuros professores discussões sobre questões relacionadas a ciência e a tecnologia, apresentando a concepção teórica da Aprendizagem Cooperativa como aporte conceitual para realizar atividades em grupos no curso de formação de professores.	SHEIBEL, SILVEIRA, RESENDE e SANTOS Jr.

Fonte: autora.

12. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)²¹: tem como propósito a divulgação de investigações da área de Educação em Ciências, contribuindo para a formação de pesquisadores e para a produção de conhecimento na área, fundamentando ações educativas em prol da educação científica e o bem estar social. Essa revista é uma publicação da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC).

Quadro 28. Artigos selecionados da Rev. Bras. de Pesquisa em Educação em Ciências.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Professores de curso técnico em agropecuária.	Tomada de consciência e visão de mundo.	Apresentar uma análise do processo de problematização envolvendo a formação de professores de um curso Técnico em Agropecuária, através do uso de agrotóxicos em uma abordagem CTS.	SOUZA e MARQUES, 2017.

²⁰ Link de acesso <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect>>.

²¹ Link de acesso <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/>>.

Quadro 28. Artigos selecionados da Rev. Bras. de Pesquisa em Educação em Ciências.
(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes de Ciências.	Produção e consumo de Alimento. Refletir sobre questões sociais e culturais.	Identificar conceitos de Biologia, Física e Química pelos estudantes, de forma interativa e interdisciplinar.	BOFF e ARAÚJO, 2011.
Provas de vestibular e ENEM.	Competências e habilidades em aspectos contextuais e estruturais.	Evidenciar as relações de natureza didático-pedagógicas e avaliativas em questões de Química do ENEM.	BROIETTI, SANTIN FILHO e PASSOS, 2017.
Documentos Curriculares.	Análise documental sobre as competências no currículo de biologia.	Propor a compreensão de competências vinculadas ao tema Diversidade da Vida: o desafio da classificação biológica, a partir de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais e verificar as condições de sua abordagem nos currículos.	SILVA e LOPES Jr., 2016.
Currículo de Física.	Competência em interpretação de texto.	Compreender as perspectivas de formação de competências em egressos de cursos de licenciatura em Física.	FERREIRA e LOGUERCIO, 2016.
Currículo e PCN.	Competências interdisciplinares	Apresentar a recontextualização da concepção de competências do contexto da reforma curricular do ensino médio.	SILVA e LOPES, 2007.
Professores.	Ensino Explícito: Gestão de ensino e da aprendizagem.	Argumentar sobre as funções da prática docente: gerir relações epistêmica, pessoal e social com o saber.	ARRUDA, LIMA e PASSOS, 2011.
Revisão de Literatura.	Ensino Explícito. Habilidades científicas de argumentação.	Apresentar uma revisão de literatura sobre argumentação na ciência e seu papel no desenvolvimento de habilidades científicas.	MEDONÇA e JUSTI, 2013.
Estudantes do Ensino Médio	Habilidades cognitivas.	Apresentar a análise das respostas dos alunos do ensino médio de habilidades cognitivas reveladas em uma sequência de atividade experimental investigativa.	SUART e MARCONDES, 2008.

Fonte: autora.

13. Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)²²: voltada para pesquisas que buscam melhorias na área de ensino de Física em todos os níveis de ensino. Sendo publicada pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), apresenta trabalhos com significativas contribuições tanto em aspectos teóricos como experimentais, de estratégias e métodos de ensino, de pesquisa em ensino, e, também, de desenvolvimento de currículo, políticas educacionais e história e filosofia da Física.

²² Link de acesso <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/>>.

Quadro 29. Artigos selecionados da Revista Brasileira de Ensino de Física.

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Ciências Agrárias.	Proposta de ensino de eletricidade na aprendizagem das ciências agrárias, com uma amostra de solo com minhocas, submetendo-as ao efeito de eletricidade.	COSTA, et al, 2017.
Estudantes do técnico agrícola e zootecnia.	Irrigação, defensivo agrícola e pulverização.	Apresentar um material didático de ensino de dinâmica dos fluidos, com o contexto dos cursos técnico agrícola e zootecnia.	WVERLANG, SCHNEIDER e SILVEIRA, 2008.
Estudantes de engenharia.	Competências.	Planejar ações educativas que permitam melhorar a aprendizagem de estudantes com dificuldades cognitivas e atitudinais.	KAHAN et al, 2008.
Estudantes do Ensino Médio	Competências	Mostrar que, mesmo no maior centro de pesquisa científica e tecnológica do mundo, é possível transmitir conhecimentos aos alunos baseado nos conteúdos do currículo.	KNEUBIL, 2013.
Documentos	Competências.	Discutir algumas diferenças relevantes entre as versões (preliminar e oficial) das Orientações Curriculares, em relação às competências e o ensino de física moderna.	RICARDO, CUSTÓDIO e REZENDE Jr., 2008.
Provas do ENEM.	Competências e habilidades no ENEM.	Apresentar um estudo sobre as questões de Física da prova de Ciências da Natureza do ENEM 2009, 2010 e 2011, após a mudança.	GONÇALVES Jr. e BARROSO, 2014.
Estudantes do Ensino Médio	Desenvolver competências preconizadas pelos PCN.	Discutir as potencialidades da inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio, buscando aproximar os estudantes de situações do cotidiano.	RODRIGUES, SAUERWEIN, I. e SAUERWEIN, R., 2014.
Estudantes Engenharia	Habilidades profissionais.	Utilizar a programação computacional como ferramenta no contexto de Física.	PALACIO et al, 2011.
Estudantes de Engenharia Biomédica	Desenvolver pensamento científico e habilidades investigativas.	Mostrar os resultados alcançados na disciplina de Física no desenvolvimento do trabalho científico, introduzindo o estudante na investigação científica e vinculando os conhecimentos da teoria com a prática.	TOLEDO et al, 2013.

Fonte: autora.

14. Revista Enseñanza de la Física²³: publica trabalhos que abordam reflexões teóricas, ensaios, ideias, alternativas didático-pedagógicas, assim como, pesquisas com assuntos relacionados ao melhoramento do ensino de Física e das ciências experimentais em todos os níveis de ensino. A revista é publicada pela Associação de Professores de Física da Argentina, com sede na Universidade Nacional de Córdoba, Argentina.

²³ Link de acesso <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF>>.

Quadro 30. Artigos selecionados da Revista de Enseñanza de la Física.

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Professores de Física e Engenharia de Alimentos.	Alimentos e o ensino experimental de física.	Determinar o calor específico do purê de tomates e comparar com equações matemáticas com base na composição nutricional de um trabalho com professores de ensino de Física e a Universidade de Ciências dos Alimentos.	VELAZQUE e MARTÍNEZ, 2015.
Estudantes de engenharia	Competência de escrita e comunicação no laboratório.	Analisar como estudantes de engenharia escrevem os relatórios de laboratório com base no sistema de investigação em um ambiente de ensino de Ciências.	URIBE e VIRAMONTES, 2016.
Estudantes do Ensino Médio	Construção da criticidade, comunicação, oralidade, escrita, leitura crítica.	Apresentar uma proposta de formação docente para trabalhar os aspectos do desenvolvimento de qualidade humana que promove o enriquecimento das compreensões em todas as dimensões, desde uma perspectiva crítica, integradora e complexa.	NAVONE et al, 2017.
Estudantes de Engenharia	Competências de organização, compreensão, interpretação e comunicação.	Avaliar a influência de um link da web sobre Física I, descrita por meio de competências e aprendizagem em TI, de estudantes de engenharia.	ALONSO e PÉREZ, 2012.
Currículo de Física	Competências científica, paradigmáticas, argumentação .	Definir competências científicas escolares ancoradas nos conteúdos de Física, paradigmas, formação científica da cidadania, argumentação científica escolar.	BRAVO, 2017.
Estudantes de engenharia	Habilidades cognitivas associadas aos gráficos.	Reconhecer as características que afetam a modelagem de fenômenos físicos, tendo como eixo principal a elaboração, tratamento e análise de gráficos em práticas experimentais.	PALA, SCANCICH e YANITELLI, 2017.
Estudantes de Agronomia	Competências e habilidades na elaboração de roteiros experimentais.	[PARTE I] Elaborar roteiros de laboratórios baseados na aprendizagem ativa sobre o tema Viscosidade, para promover interesse e aprendizagem em Física.	SAVIO, GLUSKO e DIMA, 2015.
Estudantes de Agronomia	Competências e habilidades na elaboração de roteiros experimentais.	[PARTE II] Elaborar roteiros de laboratórios baseados na aprendizagem ativa sobre o tema Hidrodinâmica, para promover interesse e aprendizagem em Física.	GLUSKO, SAVIO e DIMA, 2015
Estudantes de Agronomia	Aprendizagem ativa.	Implementar uma estratégia didática de laboratório que favorece a relação entre a teoria e a prática com o tema de Fluidos a fim de fomentar a aprendizagem de conceitos, atitudes e procedimentos com a participação ativa dos estudantes e professores.	SAVIO, GLUSKO e DIMA, 2017.

Fonte: autora.

15. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)²⁴: suas publicações são destinadas para o ensino e aprendizagem das ciências experimentais nos diferentes níveis de ensino. Sua finalidade é contribuir na melhoria da educação por meio da publicação de artigos por e para professores e pesquisadores em didática das ciências experimentais.

Quadro 31. Artigos selecionados da Revista Electrônica de Enseñanza de las Ciencias.

(continua)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Tema Agrotóxico. Desenvolvimento de competências de leitura, escrita e resolução de problemas de Química.	Apresentar os resultados da aplicação de oficinas, sobre Agrotóxicos, relacionando o ensino de Química, com aspectos históricos, para promover a contextualização, experimentação e a problematização.	ZAPPE e BRAIBANTE, 2015.
Estudantes do nível Médio do curso técnico agropecuária	Tomada de decisão e participação mais cidadã.	Desenvolver e analisar o ensino de soluções químicas, relacionando-o com o cotidiano no enfoque CTS contribuindo com a Alfabetização Científica e Tecnológica.	NIEZER, SILVEIRA e SAUER, 2016
Estudantes do Ensino Médio	Competências científicas.	Descrever a fundamentação, implementação e avaliação de uma tarefa com o foco na melhoria do ensino de ciências através da aprendizagem por investigação.	ARIZA et al, 2016.
Estudantes do Ensino Médio	Competências em: comunicar, interpretar e propor.	Apresentar uma estratégia lúdica em prol do processo de ensino e aprendizagem de Ciências Naturais.	RODRÍGUEZ, 2007.
Estudantes do Ensino Fundamental	Níveis de competência de classificação.	Descrever e analisar os critérios que alunos da educação primária utilizam para classificar a matéria viva e empregam critérios de classificação.	MARTÍN e POZO, 2013.
Estudantes do Ensino Médio	Competências tecnológicas e atitudinais.	Demonstrar as potencialidades das TIC ao nível do ensino das Ciências Naturais, no que se refere ao empenho, motivação, rigor e aprendizagem dos alunos.	MARTINHO e POMBO, 2009.
Professores	Complexidades em competências cognitivas.	Abordar o tipo e o nível de complexidade presentes nas práticas dos professores e as imprecisões sobre a ciência que os professores podem fazer ao implementar o trabalho.	FERREIRA e MORAIS, 2015.
Estudantes do Ensino Médio	Competências de auto percepção.	Analisar a aplicação de novas metodologias docentes adotando a aprendizagem baseado em projetos.	CASLA e ZUBIAGA, 2012.
Estudantes Ensino Fundamental.	Competências de cooperação, autoconceito.	Descrever um estudo sobre o método de aprendizagem cooperativa no ensino de de Ciências Naturais.	RAMOS, SILVA e LOPES, 2013.

²⁴ Endereço eletrônico <<http://reec.uvigo.es/>>.

Quadro 31. Artigos selecionados da Revista Electrônica de Enseñanza de las Ciencias.

(conclusão)

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Médio	Habilidades cognitivas: explicar, investigar, argumentar, concluir, tomar decisões, enunciar, memorizar e reproduzir.	Analisar a capacidade que os estudantes tem em englobar os conceitos científicos por meio de questionamentos em aulas experimentais na perspectiva freiriana.	FRANCISCO, 2013.

Fonte: autora.

16. Revista Electronica de Investigacion em Educacion em Ciencias²⁵: publicada pelo departamento de Formação Docente da Universidade de Ciências Exatas. Seu objetivo é divulgar pesquisas educativas em Matemática, Física, Química e Biologia, assumindo uma perspectiva didática, cognitiva e epistemológica. Suas publicações abordam assuntos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem e as condições de realização e construção dos conhecimentos científicos.

Quadro 32. Artigo selecionado da Revista Electronica de Investigacion em Educacion em Ciencias.

Sujeitos da pesquisa	Elemento abordado no artigo	Objetivo do artigo	Autores/ ano de publicação
Estudantes do Ensino Fundamental.	Habilidades cognitivas	Analisar a transferência de significados a perspectiva de Ausubel por meio de atividades investigativas.	ZOMPERO, SAMPAIO e VIEIRA, 2016.

Fonte: autora.

Traçando um perfil dos 143 artigos selecionados, foi possível determinar quatro tipos de sujeito/objeto de interesse de investigação nas pesquisas: professor, aluno, documentos e profissionais de outras áreas. Pode ser observado pelo quadro 32, que 16.5 % das pesquisas tiveram como sujeito/objeto de investigação os professores de nível básico, técnico e superior, bem como, aqueles em formação continuada, sendo estes, os próprios pesquisadores. Já em relação à categoria de estudantes, estes foram encontrados em 67,2% dos artigos, sendo constituído de discentes de nível fundamental, médio, técnico, Educação de Jovens e Adultos (EJA), profissionalizante e de nível superior. De modo geral, as pesquisas envolvendo este público, tiveram como principal objetivo investigar e apresentar estratégias de ensino de

²⁵ Link de acesso <<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/index>>.

Ciências, que pudessem contribuir com o aprendizado das Ciências. Assim como, verificar o desenvolvimento de competências e habilidades científicas pelos discentes e docentes. Outra categoria de objeto de pesquisa refere-se às partes documentais, incluindo desde normas, leis, diretrizes, currículo, provas do ENEM até revisão bibliográfica na área de ensino de Ciências. A investigação de documentos foi encontrada em 14,4% dos artigos. Por fim, a quarta e última categoria tendo como sujeito de investigação os profissionais com formação diferente da docência, contemplou profissionais nutricionistas, produtores de alimentos, agentes rurais e consumidores em geral, caracterizando a menor porcentagem de artigos (2%).

Quadro 33. Público participante das pesquisas dos artigos selecionados.

Sujeitos/Objetos de pesquisa	Total de artigos encontrados	Equivalente em porcentagem
<i>Professores</i>	24	16,5%
<i>Estudantes</i>	98	67,2%
<i>Documentos</i>	21	14,4%
<i>Outros</i>	3	2%

Fonte: autora.

Como pode ser observado no quadro acima, a porcentagem equivalente de sujeitos/objetos presentes nos artigos é superior ao número total de artigos analisados. Este fato deve-se a presença de mais de um sujeito/objeto como foco de pesquisa, ou seja, em alguns artigos encontraram-se como sujeitos, os professores e alunos da instituição ou os professores e documentos, etc. Contudo, verificou-se que a principal intenção dos pesquisadores recaiu na formação de competências e habilidades e no papel ativo desses sujeitos, de modo que as atividades experimentais e o contexto do aluno foram significativos quanto à intenção de motivar e promover a aprendizagem, permitindo que os processos de ensino e aprendizagem fossem mais promissores.

Voltada para a formação científica de acadêmicos em tecnologia de alimentos, obtiveram-se algumas contribuições quanto à: forma de verificação das propriedades físicas e químicas do solo e plantas; formas de interação entre professor e aluno, tendo o diálogo como ponto de partida; investigação das concepções prévias dos alunos sobre os fenômenos físicos presentes em contexto social e na atuação do profissional da área da produção de alimentos; diferentes formas de verificar e avaliar a aprendizagem do aluno e a contribuição do professor na aprendizagem dos conceitos científicos.

Quanto às capacidades e habilidades de destaques, obtiveram-se: tomada de decisão, interpretação e resolução de problemas, argumentação e comunicação dos conhecimentos

científicos e a utilização da tecnologia em prol da sua formação. Essas capacidades foram resultados de diferentes estratégias de ensino, comunicando a teoria e a prática, estimulando e proporcionando diversas habilidades, utilizando o diálogo com ferramenta de auxílio no processo, potencializando o pensamento crítico e reflexivo e o espírito criativo do aluno e do professor.

Quanto ao assunto da aquisição de competências, este deve ser uma combinação de conhecimentos, habilidades e atitudes. Assim, o professor, além do aluno, também desenvolve suas capacidades e habilidades para atuar de forma eficaz no processo de ensino, ao organizar o planejamento curricular, ao interligar a teoria e a prática profissional dos estudantes; ao utilizar tecnologias de informação e comunicação e instrumentos laboratoriais para o ensino; ao atualizar, inovar e reestruturar o processo de ensino e a prática em sala de aula, tornando o laboratório experimental um excelente local para aproximar o aluno e a ciência.

Em relação aos artigos que mencionam a prática do Ensino Explícito, suas abordagens estão direcionadas aos saberes dos professores, na busca de diferentes saberes que são essenciais para o professor instruir seus alunos e tornar o ensino mais eficiente. Diferentemente dos dois artigos que enfatizaram a pesquisa nos saberes do professor, os outros artigos e detiveram em compreender o papel da argumentação no processo de ensino e aprendizagem de ciências. Os pesquisadores discutiram sobre a necessidade de trazer a argumentação em sala de aula, de modo que o ensino das ciências fosse um processo de construção de explicações e argumentações pelo aluno ao invés de simplesmente explicar o fenômeno em questão.

Os artigos, cujo foco relacionava a produção de alimentos ou aspectos relativos ao meio rural e agricultura, tiveram como tema a alfabetização científica, a educação ambiental e sustentável e o uso de agrotóxicos. Abordaram temas relevantes no contexto atual da sociedade de modo a desenvolver a consciência, bem como mostrar que o ensino das Ciências pode ser mediado em um contexto da realidade vivida pelos estudantes.

No desenvolvimento das pesquisas, observando a preocupação dos autores em investigar ações que promovessem a aprendizagem de Ciências pelos estudantes, constatou-se que a prática de atividades experimentais é uma das adepts ao ensino, para tornar a aprendizagem mais interessante, como também, ser um meio de desenvolver diferentes capacidades e habilidades. Estando presente em quase 15% dos trabalhos analisados, as atividades experimentais permitem ao professor desenvolver as capacidades e habilidades de trabalho em equipe, capacidades de comunicação oral e escrita, de resolução de problemas e análise gráfica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Este capítulo consiste na descrição e análise dos resultados, assim como, a discussão. Portanto, os dados foram obtidos a partir das respostas aos pré-testes (questionários 1 e 2), pós-testes (questionário 3 e avaliações), observações da pesquisadora em relação ao desempenho dos estudantes do curso de Tecnologia em Alimentos da UFSM e dos relatórios dos estudantes. Assim como, pelas observações realizadas na turma de Tecnologia em Alimentos da Hochschule Osnabrück, na Alemanha e pela análise do material disponibilizado pelo professor da turma. No entanto, as produções dos estudantes da Hochschule Osnabrück, quanto aos relatórios e avaliações, não foram utilizadas nesta pesquisa, devido a questões éticas.

5.1 QUESTIONÁRIOS – AS CONSCEPÇÕES PRÉVIAS E AS ATITUDES DOS ALUNOS FRENTE À FÍSICA E A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS.

Os dois primeiros questionários foram considerados para o levantamento de informações a respeito dos estudantes e de seus conhecimentos científicos. Assim, os dados obtidos descrevem traços para o perfil dos sujeitos da pesquisa, bem como, seus interesses, dificuldades e conhecimentos científicos na área da produção de alimentos. Com relação ao terceiro questionário, este apresenta informações sobre a avaliação dos estudantes em relação à proposta de ensino, ou seja, é o *feedback* dos estudantes para o professor e a pesquisadora.

5.1.1 Questionário 1 – Conhecimentos prévios dos estudantes em relação à Física e a Química na produção de alimentos.

5.1.1.1 Nível de assimilação dos conceitos de Física e Química.

Em uma análise qualitativa sobre as capacidades científicas assimiladas pelos estudantes, os 33 conceitos científicos apresentados no campo A do primeiro questionário (ver apêndice B), foram considerados em uma escala de quatro conceitos (bom, regular, ruim, não visto), conforme o quadro 34. Este critério de classificação, definida pela própria pesquisadora, teve o intuito de apresentar as nuances quanto ao nível de domínio em uma linguagem mais conceitual, ocorrendo posteriormente à coleta dos dados.

Quadro 34. Definição conceitual em relação ao valor numérico.

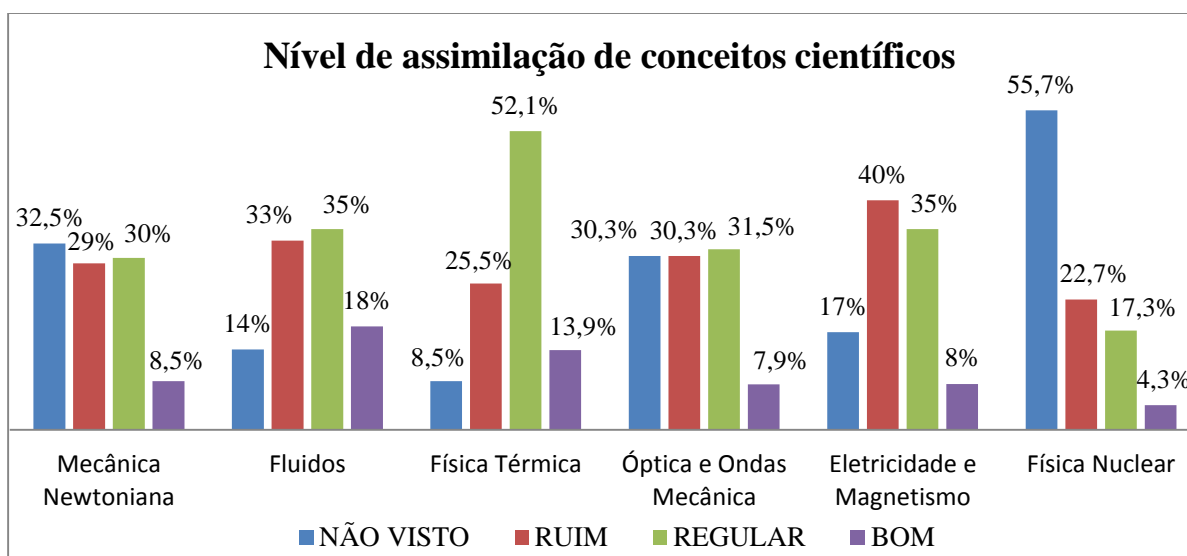
Valor numérico	Conceito
8,0 – 10,0	Bom
5,0 – 7,9	Regular
0,0 – 4,9	Ruim
NV	Não Visto

Fonte: autora.

O valor correspondente ao conceito foi obtido com a média das notas atribuídas pelos próprios estudantes, quanto ao seu nível de aprendizado. Assim, foram atribuídos por 47 estudantes que responderam o questionário, uma nota de 0 (ruim) a 10 (bom). Os dados e o gráfico foram obtidos por meio do programa o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 17.

Na perspectiva da Física, os 33 conceitos foram distribuídos em seis categorias, sendo elas: Mecânica Newtoniana; Fluidos; Física Térmica; Óptica e Ondas Eletromagnéticas; Eletricidade e Magnetismo e; Física Nuclear. Nesta linha de pensamento, observa-se na figura 6, que a categoria com melhor resultado quanto à assimilação e compreensão dos conceitos, refere-se à Física dos Fluidos. Em contrapartida, um baixo nível de aprendizagem foi obtido à Física Moderna, apresentando um percentual de 55,7% de estudantes que não haviam estudado Física Nuclear anteriormente ao seu ingresso no Ensino Superior.

Figura 6. Gráfico da porcentagem de conteúdos assimilados pelos estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM, segundo a classificação conceitual da pesquisa.



Fonte: autora.

Considerando o contexto do ensino de Ciências vivido pela educação básica brasileira, entende-se esse número elevado, considerando a demanda de conteúdos presentes na grade curricular do terceiro ano do Ensino Médio ser incompatível com o número de horas disponíveis para ensinar. Isto requer uma escolha quanto ao conteúdo a ser ensinado, sendo que, muitas vezes, os professores optam por excluir os conteúdos de Física Nuclear.

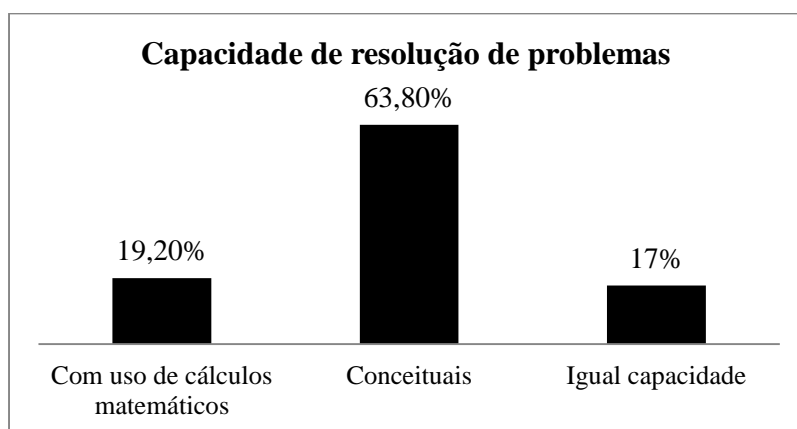
As médias apresentadas na figura 06 mostram que o ingresso dos estudantes de Tecnologia de Alimentos da UFSM no Ensino Superior foi mediante conhecimentos científicos mínimos. Verificando a média geral do nível de assimilação, a turma apresentou uma capacidade cognitiva de domínio 3,95 (na escala de 0 a 10), representando um nível ruim (segundo a escala conceitual). Ao verificar o valor da média da turma de Agronomia, esta teve uma média um pouco superior, sendo de 4,80 (na escala de 0 a 10), correspondente a um número de 20 estudantes.

No entanto, fato que surpreendeu, foi o número elevado de estudantes que disseram não terem estudados os conceitos relativos à Mecânica Newtoniana, correspondendo 32,5% dos estudantes. Sendo um dos primeiros conteúdos ensinados quando ingressam no Ensino Médio. Este dado mostrou que as escolas de educação básica, ainda enfrentam problemas em seu processo de ensino e aprendizagem, o que vem a tona questionamentos do tipo: será a falta de motivação do aluno? A complexidade de observar e interpretar os fenômenos? O despreparo do docente? O limitado e precário recurso para ensinar? Os métodos de ensino estão ultrapassados? Poderá ser pela falta de laboratórios experimentais? Ou será pela condição socioeconômica do aluno, escola e bairro ao qual pertencem? Enfim, são muitos os questionamentos, mas poucas as soluções definitivas para o problema. Descobrir a raiz do problema é a medida imediata a se fazer, sendo que nos estudos realizados por Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) alicerçados ao ensino sistemático, diretivo e estruturado, já obtiveram resultados promissores quanto à melhoria do ensino.

5.1.1.2 Capacidades de resolução de problemas de Física e Química.

Na análise das capacidades em resolver problemas, conforme a figura 07, os dados obtidos, demonstra que a habilidade maior está na resolução de problemas que não necessitam de cálculos matemáticos e análise gráfica, ou seja, de problemas que exige uma resposta conceitual.

Figura 7. Porcentagem de estudantes em relação ao tipo de capacidade de resolução de problemas.



Fonte: autora.

Portanto, mais de 19% dos estudantes classificam serem mais competentes na resolução de problemas com cálculos matemáticos, ou seja, na resolução de problemas quantitativos (POZO e CRESPO, 2009), em que o aluno faz uso da linguagem matemática e algébrica para manipular os dados numéricos e chegar a uma solução numérica. Em contrapartida, 63,80% dos estudantes julgam ter melhor habilidade em resolver problemas sem o uso de cálculos matemáticos, ou seja, problemas qualitativos (POZO e CRESPO, 2009), que implica na interpretação a partir dos conhecimentos pessoais e conceituais envolvendo raciocínios teóricos sem precisar recorrer aos cálculos numéricos. No entanto, 17% dos estudantes declararam ter igual capacidade de resolução em ambos os tipos de problemas (qualitativos e quantitativos). Com porcentagens diferentes, a mesma análise foi observada na turma de Agronomia.

5.1.1.3 Dificuldades de aprendizagem em Física e Química.

Com relação às dificuldades em Física e Química, os estudantes tanto do curso de Tecnologia em Alimentos da UFSM, quanto do curso de Agronomia, apontaram suas maiores dificuldades em interpretar e resolver problemas, justificadas pelas inúmeras equações e definições que causam certa confusão em seus raciocínios. De acordo com o quadro 35, obtiveram-se quatro categorias de dificuldades. As categorias foram criadas a posteriori, a partir da análise dos dados.

Quadro 35. Número de estudantes e as principais dificuldades de aprendizagem.

Dificuldades	Nº de estudantes de Tecnologia em Alimentos
Resolução de problemas	19
Interpretação	15
Relacionar teoria e prática	3
Falta de motivação	10
<i>Total de estudantes</i>	<i>47</i>

Fonte: autora.

O que se percebe é que estas são dificuldades comuns vivenciadas em diversas áreas de ensino, não se remetendo somente ao ensino das Ciências Naturais e Exatas. Conforme apresentado no quadro anterior, a falta de motivação é um dos fatores que desencadeia a dificuldade do estudante em aprender. Dito de forma mais categórica, a aprendizagem vem do interesse e da necessidade de conhecer, conforme já foi salientado por Gil (2011; 2018). É preciso mostrar aos alunos a necessidade e utilidade dos conceitos que serão estudados, mas também, em estimular o aluno a desenvolver habilidades que tornam o estudo prazeroso e motivador (BONADIMAN e NONENMACHER, 2007; POZO e CRESPO, 2009; GIL, 2011, 2018). Essa tarefa não é nada fácil, uma vez que, requer professores competentes na área para estimular o interesse em aprender.

5.1.1.4 Contribuições da Física e da Química na prática profissional.

Na análise das respostas dos estudantes de Tecnologia em Alimentos, observaram-se duas linhas de pensamento com relação às contribuições da Física e da Química na atuação profissional. A primeira refere-se à própria formação do profissional, em que 52% dos estudantes revelaram a importância destas duas disciplinas ao longo do processo acadêmico, sendo necessário para compreenderem e aprimorarem as demais disciplinas. Por outro lado, mais de 25% dos estudantes consideraram as contribuições da Física e da Química na própria produção do alimento, sendo importantes para a conservação e melhorar a qualidade dos alimentos.

Verificando as respostas dos estudantes do curso de Agronomia, verificou-se que suas percepções estavam direcionadas ao processo de plantio e obtenção da matéria-prima. Este fato demonstra que a profissão reflete na forma como o estudante percebe e relaciona as Ciências aplicadas em sua área profissional. Para estes estudantes, o foco estava na preparação do solo, no plantio e na colheita da matéria-prima, envolvendo aspectos científicos e tecnológicos na

mecanização agrícola. Ao passo que para os futuros tecnólogos em alimentos, suas percepções estavam direcionadas ao produto industrializado, em que a Física e a Química são importantes contribuintes para melhorar as formas de conservação e controlar a qualidade do produto final. Assim, a partir desse resultado, é possível constatar que trabalhar as contribuições da Física e da Química nos vieses da formação profissional e da produção de alimentos, configura uma estratégia que chama a atenção dos estudantes e os motiva ao estudo dessas duas ciências.

5.1.1.5 Aplicações da Física e da Química na produção de alimentos.

Como mencionado no Ensino Explícito, é importante que o professor tenha consciência sobre os conhecimentos prévios dos estudantes. Determinar tais conhecimentos permite ao professor fazer escolhas mais claras e exatas sobre os conteúdos e habilidades necessários para o novo aprendizado e sobre os possíveis obstáculos a ser enfrentado pelos estudantes para que o aprendizado ocorra (GAUTHIER, BISSONNETTE e RICHARD, 2014). Na tentativa de investigar o nível de conhecimento dos estudantes e seus pensamentos quanto à ligação da Física e da Química na área profissional, foi solicitado aos estudantes para que descrevessem possíveis aplicações dessas duas disciplinas na produção de alimentos. Como mostrado no quadro 36, as respostas dos estudantes se limitaram no nível superficial dos conhecimentos, sendo que um número elevado de questões foram deixadas em branco, mostrando um resultado abaixo do esperado, sobre suas representações e compreensões.

Quadro 36. Respostas da aplicação da Física e Química na produção de alimentos.

(continua)

Conceito	Aplicações	Número de respostas.
pH	Análise e qualidade dos alimentos por meio da acidez	14
	Definir o pH dos alimentos	4
	Exemplos de análise: carnes, água, comidas...	3
	<i>Respostas em branco</i>	26
Densímetro	Analisar, medir, controlar a densidade das substâncias	7
	Verificar a qualidade do alimento	2
	Definição: aparelho que mede massa	1
	<i>Respostas em branco</i>	37
Refratometria	Analisar a qualidade do alimento	1
	Analisar os líquidos. Ex: leite	1
	Definição: mede a capacidade de refração	2
	<i>Resposta em branco</i>	43

Quadro 36. Respostas da aplicação da Física e Química na produção de alimentos.

(conclusão)

Conceito	Aplicações	Número de respostas.
Viscosidade	Analisar a qualidade do alimento	6
	Produção de mel, gelatinas, bebidas	2
	Definir tipos de soluções	1
	Analisar concentração	2
	Definição: capacidade dos líquidos se locomoverem	2
	<i>Respostas em branco</i>	<i>34</i>
Colorimetria	Analisar a composição do alimento	1
	Analisar a cor do alimento	3
	Confundiram com calorimetria	3
	<i>Respostas em branco</i>	<i>40</i>

Fonte: autora.

O que pode ser constatado, com relação às respostas obtidas, é a interpretação um tanto equivocada, por parte de alguns estudantes, tendo definido os conceitos ao invés de exemplificá-los. Portanto, para esta turma, em que as concepções prévias são um tanto vagas, teve-se a necessidade de aprofundar o direcionamento do estudo dos conceitos para habilidades em interpretar as situações vivenciadas na futura profissão destes acadêmicos. Porém, mesmo que tenham sido apresentados exemplos superficiais, os mesmos estão direcionados para a conservação, análise e preservação da qualidade do alimento.

Com relação à turma de Agronomia, encontrou-se um viés um pouco diferente, sendo constatada a presença dos conceitos científicos em aplicações no ramo do plantio e colheita de produtos, tendo uma variedade de exemplificações, principalmente, referentes ao conceito de Fluidos. Termos como ‘irrigação’, ‘drenagem’, ‘defensivos agrícolas’ e ‘pulverização’, foram destaques, demonstrando que estes termos já fazem parte de seus vocabulários.

O elevado número de respostas em branco referente à Física Moderna (Radiação, Ondas Eletromagnéticas e a Óptica), demonstra a dificuldade dos estudantes em relacionar tais conceitos abstratos com o seu cotidiano, sendo percebidos como conceitos complexos e distantes de sua realidade profissional. É por isso que um ensino estruturado em pequenas partes, indo do simples ao complexo, como descrito no Ensino Explícito, tem muito a contribuir para o desenvolvimento de novas capacidades e habilidades para abstração desses conceitos.

Na intenção de investigar os conhecimentos dos estudantes em um viés inverso do estabelecido anteriormente, foram elencados três principais matérias-primas (leite, carne e vegetal) do cotidiano do produtor de alimento, para que os estudantes pudessem trazer de forma

mais pontual as suas percepções. Como destaque, as respostas dos estudantes compreenderam três linhas de abordagem, conforme mostra o quadro a seguir.

Quadro 37. A Física e a Química e os derivados de leite, carne e vegetais.

CATEGORIA	EXEMPLOS
<i>Características e composição do alimento</i>	Cor, textura, acidez, composição nutricional, carboidratos, vitaminas, laticínios.
<i>Processos de conservação do alimento.</i>	Condensação, pasteurização, fermentação, conservação, validação, embalagem ²⁶ , armazenamento, reações químicas.
<i>Instrumentos e métodos de avaliação do alimento.</i>	Análise do pH, densímetro, grau Brix, colorimetria, refratometria, força de cisalhamento.

Fonte: autora.

Com relação ao *leite e seus derivados*, tiveram-se como análise o processo de industrialização do leite bovino para o leite UHT. Outro aspecto em destaque teve relação aos processos de análise de adulteração do leite, sendo possível verificar por meio da acidez, da densidade e de substâncias incomuns presentes. Estas últimas percepções, foram encontradas em maior número na turma de Agronomia.

Os resultados obtidos com relação ao segundo produto (*carne e seus derivados*) demonstraram que os estudantes compreendem e percebem a presença da Física e da Química para conservar o alimento, sem perder os componentes nutricionais presentes. Verificando se há possíveis alterações nas características organolépticas do produto, devido a agentes deteriorantes que causam reações químicas no alimento, inutilizando seu consumo. Assim como, para analisar os aspectos físicos do produto, observando a textura, dureza, o corte e a força de cisalhamento. Resultados semelhantes foram obtidos na turma de Agronomia, descrevendo as principais funções para a conservação, coloração, estrutura e componentes presentes nestes alimentos.

Na análise referente às *plantas*, a principal característica presente foram a utilização do medidor de pH para analisar o grau de acidez das plantas e, também, a utilização da refratometria e análise da coloração das folhas sendo significativas para descrever a qualidade do produto. Entretanto, não houve qualquer menção, por ambas as turmas, sobre os processos físicos e químicos utilizados para a transformação de cereais, grãos e sementes em produtos enlatados, conservas, farinhas etc.

²⁶ Refere-se ao processo de embalar e não ao material envolto no alimento.

5.1.1.6 Concepções dos estudantes sobre alimentos irradiados.

Um assunto de extrema importância para conhecimento dos profissionais da área de produção de alimentos refere-se aos “*alimentos irradiados*”²⁷. A irradiação de alimentos é um método físico que tem como principais benefícios à conservação do alimento, prolongando a vida útil, seu tempo de maturação e envelhecimento (PINTO e MOREIRA, 2018; CERELLE e CÂNDIDO, 2015; SILVA e ROZA, 2010; BRASIL, 1969). No entanto, o desconhecimento desse processo nos alimentos e por falsas crenças, tem se tornado um limitante na utilização da radiação para melhorar a produção de alimentos (LACERDA e LEITE, 2017; VIEIRA et al, 2016; ORNELLAS et al, 2006).

Este assunto foi levantado após a análise de um dos artigos selecionados no levantamento bibliográfico, descrevendo uma formação sem o mínimo de conhecimento necessário a respeito dos alimentos irradiados (SILVA et al, 2010). Buscando investigar as concepções dos estudantes do curso de Tecnologia em Alimentos da UFSM sobre o assunto, foi verificada uma alta porcentagem de respostas em branco (cerca de 80% da turma), concluindo que a grande maioria não tem uma opinião ou conhecimento sobre o assunto. Dos nove estudantes que responderam a questão, observou-se que alguns apresentam um conhecimento comum, no entanto, errôneo quanto ao significado de ‘irradiação’, descrevendo como alimentos contaminados, tóxicos, que causam algum malefício a saúde, o que leva a uma concepção errônea sobre o termo irradiação, entendendo que o alimento está radioativo.

Em contrapartida, cinco dos nove estudantes demonstraram ter certo conhecimento sobre o assunto, demonstrando o uso correto do termo. Estes citam serem alimentos não radioativos que tem como função aumentar a durabilidade do alimento perecível. E, ainda, que o processo pelo qual o alimento passa, depende da quantidade de radiação ao qual é exposto, sendo que existe uma quantidade máxima de radiação que o alimento poderá ser exposto sem que cause danos tanto ao alimento, quanto ao ser humano. Portanto, a abordagem desse tema pode ser mais bem compreendida, quando são especificados todos os termos e processos que um alimento sofre ao ser exposto a radiação.

²⁷ É todo alimento que tenha sido intencionalmente submetido à ação de radiações ionizantes, com a finalidade de preservá-lo ou para outros fins lícitos, obedecidas as normas que vierem a ser elaboradas pelo órgão competente do Ministério da Saúde (BRASIL, 1969, 1973).

5.1.2 Questionário 2 – Atitudes dos alunos em relação à Física.

Na análise dos resultados do questionário de Talim (2004), são reveladas atitudes favoráveis quanto ao interesse por estudar conteúdos de Física. Para Talim (2004), valores de escore acima de 84, apontam para uma atitude positiva no estudo dos conteúdos de Física. O escore obtido pela turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM teve um valor de 93,98 para a fração de intensões positivas, com relação a 102,5 na turma de Agronomia.

Mesmo havendo dificuldades em compreender os conceitos envolvidos na Física, os estudantes têm um posicionamento favorável ao estudo e a importância que a Física apresenta na formação pessoal, social e profissional do sujeito. Assim, as atitudes positivas revelam que os alunos estão dispostos a estudar os conceitos de Física e, uma vez que o interesse e a motivação em aprender fazem parte do pensamento do aluno, a aprendizagem dos conceitos científicos trará efeitos significativos no desenvolvimento das capacidades e habilidades pelo aluno. O interesse e a motivação são fatores determinantes para o processo de aprendizagem. Portanto, a clareza sobre o posicionamento positivo dos alunos em relação ao estudo dos conhecimentos científicos, é o primeiro passo para planejar e sistematizar o processo de ensino.

5.1.3 Questionário 3 – Pós-teste – Percepções e dificuldades dos estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM quanto ao estudo da Física.

Após algumas aulas experimentais, mediante uma necessidade da pesquisadora sobre o olhar do discente para a prática do professor, teve-se a aplicação do terceiro questionário (Apêndice C). Desse modo, a aplicação ocorreu na turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM, na intenção de verificar o que o aluno pensa e tem a dizer sobre essa prática. Portanto, o processo de escuta teve um importante papel sobre o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que, proporciona uma orientação ao professor sobre sua influência na formação do sujeito, sobre a prática em si e, proporciona ao aluno uma forma de participarem e contribuírem para sua própria aprendizagem. Sendo respondido de forma anônima, este questionário permitiu aos estudantes expressarem suas opiniões, angústias e sugestões de novas abordagens, constituindo, assim, o primeiro *feedback* dos estudantes para o professor.

Conforme salienta Hattie (2017, p.15) é “crucial que os professores aprendam sobre o sucesso ou o fracasso de suas intervenções”, o que requer uma avaliação sobre os efeitos, do seu ensino, na aprendizagem do aluno. Assim, ter uma avaliação dos próprios aprendizes é uma forma para o professor repensar suas estratégias, pois “aqueles professores que são estudantes

do seu próprio impacto são os professores mais influentes em elevar os resultados dos alunos” (Ibid.).

5.1.3.1 Opinião dos estudantes quanto à estrutura da proposta didática.

Segundo as opiniões dos estudantes, trabalhar a teoria seguida pela prática, trouxe mais clareza e compreensão do conteúdo estudado. Conforme os dizeres de alguns estudantes:

“Creio que está ótima assim, em minha opinião, pois a didática e o cronograma facilitam para bom aprendizado, tanto como a forma que o conteúdo é passado a nós” (estudante T.A. 07).

“Acho a aula muito boa, gosto dos assuntos que o professor nos traz, por que a aula torna-se mais dinâmica e interessante. Por isso, não tenho nenhuma sugestão para melhorá-la” (estudante T.A. 05).

“As aulas são boas, o professor explica muito bem e de uma maneira que não se torna cansativa [...]” (estudante T.A. 09).

Portanto, a forma como a proposta foi estruturada, trouxe três aspectos principais, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem, conforme apontado no quadro a seguir.

Quadro 38. Opinião dos estudantes quanto à estrutura da proposta.

(continua)

Melhora o aprendizado	Algumas respostas:
A prática torna-se excelente forma de compreender o conteúdo, tendo em vista que é possível ver aplicabilidade no cotidiano do aluno. É uma forma de compreender o porquê estudar determinados conceitos.	<p><i>“Uma proposta moderna e que auxilia o aluno a entender a utilidade do conteúdo” (estudante T.A. 02)</i></p> <p><i>“Melhor forma de aprender o conteúdo é vendo na prática como fazer e de onde sai os valores das contas” (estudante T.A. 03).</i></p> <p><i>“Acho ótimo esse jeito de estudo, pois tem aplicação prática, teórica e relaciona com o meio e curso, o que nos ajuda a entender melhor o que estão nos ensinando” (estudante T.A. 07).</i></p> <p><i>“Eu acho muito bom o método proposto pelo professor, fica muito mais fácil de aprender o conteúdo, até eu tendo dificuldades na matéria” (estudante T.A. 10).</i></p>
Motivação para o estudo	Algumas respostas:
Tornar a aula mais dinâmica, de modo que os estudantes participem ativamente do processo e compreendam como a Ciência funciona no cotidiano e na profissão, torna a aula mais interessante, despertando maior interesse no estudo dos conceitos.	<p><i>“Acho bem interessante este modelo de aprendizagem, eu acredito que está dando resultados positivos, visto que a aula não fica tão maçante. Vendo a teoria e a prática com experimentos. As abordagens teóricas às vezes assustam, com aquele emaranhado de equações e números, mas aos poucos vamos vendo a prática e esclarecendo os porquês”. (estudante T.A. 06)</i></p> <p><i>“Acho uma metodologia interessante, pois ficar só na teoria acaba se tornando algo chato e cansativo” (estudante T.A. 11).</i></p>

Quadro 38. Opinião dos estudantes quanto à estrutura da proposta.

(conclusão)

Preparação para a profissão	Algumas respostas:
Este modo de ensino torna-se uma prévia para o que vão enfrentar na profissão, assim, a partir das atividades experimentais, realizadas como uma prática contextualizada busca proporcionar a aquisição de experiência futuramente.	<p><i>“Acredito que é importante essa metodologia, pois estudamos o conteúdo em si e após colocamos em prática nos experimentos. Eles são uma prévia e uma preparação para o que iremos exercer na profissão futuramente” (estudante T.A. 05).</i></p> <p><i>“Eu gosto da maneira como a aula funciona e acho muito importante os experimentos porque precisamos ter uma noção de como vamos trabalhar. É melhor já ir praticando para que no futuro já tenhamos experiência” (estudante T.A 08).</i></p> <p><i>“Acho que é muito proveitoso, sendo a teoria e posteriormente a prática, sempre visando na área dos alimentos, onde se aplicam tais métodos e para que” (estudante T.A 13).</i></p>

Fonte: autora.

5.1.3.2 Dificuldades enfrentadas pelos estudantes na realização das atividades.

As dificuldades descritas pelos estudantes no questionário se detiveram em três modalidades de competências, sendo: interpretação e compreensão da teoria; interpretação e resolução de problemas e escrita dos relatórios. Como pode ser observado no quadro 39. No geral, os estudantes relataram maiores dificuldades na realização dos primeiros experimentos, não estando acostumados com esse tipo de procedimento, tendo dificuldade em analisar o que estava sendo feito na prática. Outros dois fatores pontuados por alguns estudantes, foram as dificuldades iniciais em entender o que estava sendo proposto e a construção de gráficos. Isto demonstrou que havia uma necessidade maior na orientação do professor e maior clareza dos objetivos.

Quadro 39. Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos na realização da proposta.

(continua)

Interpretação e compreensão da teoria	Algumas respostas
Dificuldades enfrentadas em compreender a definição conceitual e os fenômenos que a eles se aplicam, sendo um conteúdo complexo de entender. Dificuldades muitas vezes enfrentadas pela falta de hábito da leitura e pensar sobre o que está escrito no texto.	<p><i>“Tive dificuldade em entender o conteúdo e por em prática nos primeiros experimentos. Os experimentos sobre fluidos eu entendi melhor” (estudante T.A 05).</i></p> <p><i>“Em compreender a matéria e aplica-la nas questões” (estudante T.A.04).</i></p> <p><i>“Nos primeiros experimentos tive um pouco de dificuldade em entender o porquê das etapas realizadas. Porém, a partir do terceiro foi mais fácil e de maior compreensão devido ao caderno didático passo a passo” (estudante T.A. 13).</i></p>

Quadro 39. Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos na realização da proposta. (conclusão)

Interpretação e resolução de problemas	Algumas respostas
<p>Impasses cognitivos quanto a interpretar e resolver problemas e questões apresentadas nos cadernos didáticos. Dito de outra forma, dificuldades, mesmo que mínimas, na capacidade de raciocínio, em pensar abstratamente, plotar e interpretar gráficos.</p>	<p><i>“Resolver os cálculos e converter as unidades de medidas” (estudante T.A. 03).</i> <i>“Minha dificuldade são as fórmulas, me confundo na hora de interpretar o enunciado dos experimentos” (estudante T.A. 08).</i> <i>“Tenho dificuldades em interpretar as questões e saber qual fórmula usar” (estudante T.A. 01).</i> <i>“Conversões das unidades de medida; interpretação das perguntas; relacionar com o meio da indústria de alimentos” (estudante T.A. 06).</i> <i>“Em certas partes, era a interpretação da questão, que exigia certo esforço para entendê-la” (estudante T.A. 07).</i> <i>“Dificuldades nos cálculos e gráficos. Tenho dificuldades em escrever o relatório apenas quando não domino a teoria do conteúdo” (estudante T.A. 12).</i></p>
Escrita de relatório (texto científico)	Algumas respostas
<p>Dificuldades relacionadas ao desenvolvimento do texto em uma linguagem mais científica. O que exigia o conhecimento da teoria e habilidades em escrever o relatório contendo a análise dos resultados obtidos e suas conclusões quanto ao resultado e ao experimento realizado.</p> <p>OBS: o formato de escrita de relatórios foi previamente estudando em aula.</p>	<p><i>“Tive dificuldade no começo, não sabia realizar o experimento e tive algumas dificuldades na montagem dos relatórios” (estudante T.A. 10).</i> <i>“As dificuldades diante responder as questões e escrever o relatório foram grandes. Primeiramente por não conseguir interpretar as questões e secundamente por não lembrar exatamente o que estava acontecendo na reação do experimento” (estudante T.A. 11).</i></p>

Fonte: autora.

5.1.3.3 Os aspectos gerais da proposta didática corroborando o Ensino Explícito.

A partir do *feedback* dos estudantes com relação a proposta apresentada, foi visível o aumento do interesse e a evolução destes no desenvolvimento de capacidades e habilidades, principalmente, em tomar decisões, em se comunicar, desenvolvendo um pensamento mais crítico. As respostas que antes eram vagas foram evoluindo para pequenos textos com opiniões bem formadas. Os resultados obtidos, a partir deste questionário, demonstram com maior clareza as afirmações de Gauthier, Bissonnette e Richard (2014), Rosenshine e Stevens (1986) e Hattie (2017) sobre o modelo de um ensino eficaz e como as atividades experimentais se

consolidam por meio do modelo do Ensino Explícito. A seguir estão as considerações conforme a análise dos resultados.

- *Relação da teoria com a prática – articular as Ciências Básicas com a área da Tecnologia em Alimentos.* O estudo teórico com a prática desempenhou uma excelente forma para compreender os conceitos ensinados, mesmo que a teoria era de difícil compreensão, a prática possibilitou o estudo utilizando as capacidades sensoriais para compreender o contexto científico presente. Sendo a memória sensorial uma forma de prolongar os estímulos iniciais na memória de trabalho, o acesso às informações e aos conhecimentos científicos por meio da interação do sujeito com os experimentos, englobou diversas funções da memória permitindo visualizar e compreender os fenômenos e conceitos científicos. A fala que bem resume a importância de uma relação entre teoria e prática foi identificada na fala do estudante T.A.09:

“Primeiramente, desejaria agradecer pelas aulas, pois a expectativa não era tão grande como foi a excelência das aulas [...] A didática, na minha opinião, não poderia ser melhor, pois o conhecimento é vasto e a maneira como estão nos passando é ótima, pois há forte relação dos experimentos com o conteúdo no quadro, tudo bem organizado para nossa compreensão e com os experimentos passados pela professora juntamente com o conhecimento passado em aula é que dá ânimo nos dias dessa disciplina. A dificuldade existe apenas no conteúdo, que por natureza é difícil, exigindo mais esforço, sendo que a prática nos ajuda muito no aprendizado dos mesmos” (grifo da pesquisadora).

Nesta fala, a abordagem e a estrutura da proposta foram bem organizadas, proporcionando melhor compreensão e motivação no estudo científico, sendo estes os resultados almejados e destacados pelo Ensino Explícito, conforme descrito por Gauthier, Bissonnette, Richard (2014), Rosenshine e Stevens (1986).

- *O uso de experimentos para aprender os conhecimentos científicos.* Para os estudantes, os experimentos apresentaram uma visão mais clara sobre os conceitos científicos, trazendo um vislumbre da prática do tecnólogo desde o início da formação. Portanto, mesmo com algumas dificuldades apresentadas durante a realização das atividades experimentais, os alunos mostraram-se motivados, conforme a descrição de um dos estudantes: *“os experimentos são ótimas formas de compreender o conteúdo, diminuindo o conteúdo maçante, tornando mais fácil o entendimento”*. Assim, pode-se constatar que a estruturação do ensino em etapas, a explicitação clara dos objetivos de aprendizagem e a abordagem mais direta possível, são funções presentes no Ensino Explícito que estão muito bem representadas em uma prática de ensino, tendo a experimentação como estratégia.

- *Os cadernos didáticos como material de apoio.* Ter um material de apoio para se amparar durante a prática e o processo de aprendizagem foi essencial para o acadêmico, pois

neste material havia todo o conteúdo estudado. Direcionar o material didático para a área de atuação desses futuros profissionais ampliou a percepção cognitiva sobre os conceitos científicos e este material trouxe uma motivação maior para o estudo da Física e da Química, conforme descrito pelo estudante T.A.02 “*os cadernos didáticos que foram direcionados para a área dos alimentos, foram excepcionais. Muito bom*”.

- *Preocupação do docente com o aprendizado dos alunos.* Pelo Ensino Explícito, o papel que o professor tem no processo de formação e aprendizagem do aluno, vai além da simples escolha do conteúdo e do método de abordagem, exige-se o conhecimento sobre quem são esses sujeitos aprendizes e a capacidade de poder guia-los durante o processo. Querer conhecer esses sujeitos demonstra que o professor está preocupado e se importa com a aprendizagem e, conseqüentemente, esta demonstração que o professor se importa com a aprendizagem do acadêmico, incentivou-o a prosperar em seus estudos. Essa preocupação pode ser percebida nas considerações destes dois estudantes:

“As aulas de Física, em geral, são boas e dá para entender o que o professor quer explicar para nós. [...] Sobre a professora não tenho do que reclamar, sempre tentou explicar os experimentos e tirar o máximo de nossas dúvidas, sempre se mostrando preocupada com o nosso aprendizado” (estudante T.A.05).

“[...] ambos estão de parabéns pelo trabalho e dedicação. É muito bonito ver o esforço de vocês para nos ensinar um conteúdo tão complexo” (estudante T.A.06).

Em contrapartida, os principais aspectos apontados pelos estudantes como aspectos a serem reavaliados na estrutura e abordagem da proposta, referiu-se as aulas teóricas, apontando para mais aulas de resolução de exercícios e para o uso de mais exemplos para explicar os conceitos.

- *Transição do Ensino Médio para o Ensino Superior.* Esta questão foi apresentada por um estudante, em que fala “*que para o início da faculdade seria bom levar em consideração a transição da escola ao meio acadêmico e utilizar exemplos mais avançados com cautela*”. Esta transição, muitas vezes, ocorre de forma extrema, em que muitos não estão preparados com o ritmo acelerado e nível de exigência nos estudos, o que pode vir a ser um fator de desmotivação para o aluno e, como consequência, apresentar dificuldades durante o processo de aprendizagem, devido à sua complexidade. Por isso, é fundamental o ensino em pequenos passos, indo do simples ao complexo, conforme tem sido destacado pelo Ensino Explícito, o que pode contornar parte da dificuldade, ao articular os conhecimentos científicos com a prática profissional. Segundo alguns estudantes, a apresentação dos conteúdos ainda era muito complexa, principalmente, a primeira unidade didática sobre Eletricidade e Estática, o que

demandou uma reavaliação estrutural mais criteriosa quanto à abordagem interpretativa conceitual.

- *Sobrecarga de conhecimentos e informações.* Em algumas aulas práticas, houve mais de um experimento para ser realizado em um mesmo dia de aula, o que acarretou em um número elevado de informações por parte de alguns estudantes, conforme descrito por eles: “*poderia ter menos experimentos e fazer com mais atenção aqueles*”; “*o número de experimentos é muito alto, deveria ser apenas um por aula e mais detalhado*” e “*é muito conteúdo para um semestre*”. Isto confere com o que Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) descreveram sobre evitar a sobrecarga de informações na memória de trabalho do aluno, uma vez que a capacidade de processar as informações é limitada, correndo o risco de muitos conhecimentos científicos não serem assimilados. Isto é o que tem sido afirmado pelo Ensino Explícito, um ensino em pequenos passos, seguida pela prática (guiada e independente).

- *Revisão do conteúdo e resolução de exercícios.* A revisão é uma das funções do ensino que Rosenshine e Stevens (1986) descreveram no modelo do Ensino Explícito, sendo um modo de reforçar o aprendizado anterior e proporcionar maiores conexões com o novo aprendizado. As revisões podem ser realizadas de diversas formas, sendo a mais comum, o *feedback* do conteúdo estudado. De acordo com Rosenshine e Stevens (1986), revisar o conteúdo por meio de questionamentos de tópicos específicos ou solicitando que os próprios alunos descrevam o que e como entenderam determinado tema, torna a revisão mais pontual, o que fornece melhores correções nas áreas de maior dificuldade. A prática após o estudo teórico pode ser considerado uma forma de revisão e esta pode ser bem recebida pelos estudantes, desde que consigam relacionar a teoria com a prática. No entanto, ainda existia a necessidade de revisar e reforçar a compreensão, com a resolução de mais exercícios em sala de aula, como pode ser visto na fala do estudante T.A.06:

Particularmente, minha maior dificuldade foi entender a teoria, talvez se houvesse uma revisão levemente aprofundada dos conceitos básicos e exercícios eu teria melhor aproveitamento e facilidade ao ver a teoria aplicada em nossa área.

- *Escrita dos relatórios.* Uma das formas do professor conhecer quais foram os conhecimentos científicos aprendidos e quais não, é por meio da escrita de relatórios pelos estudantes. A escrita dos relatórios possibilitou o desenvolvimento de habilidades de escrita e estimulou a capacidade de pensamento do aluno, o que foi primordial para seu desenvolvimento. Para alguns estudantes, a escrita dos relatórios foi considerada um desafio e representou algumas dificuldades ao longo desta forma de comunicação. Apesar de não deixarem bem explícito, uma das dificuldades encontradas ao redigir o relatório foi o uso de uma linguagem científica para expressar os resultados, discuti-los e concluir o relatório,

conectando os objetivos com os procedimentos dos experimentos. Portanto, considerando as três etapas do processo de ensino explícito (modelagem, prática guiada e prática independente), descritas por Rosenshine e Stevens (1986) e reafirmadas por Gauthier, Bissonnette, Richard (2014), pode-se dizer que a escrita dos relatórios corresponde à terceira etapa (prática independente). No entanto, a análise dos relatórios revelou o quanto sua escrita é crucial para um ensino eficaz, sendo o momento em que as dificuldades e erros conceituais vêm à tona, pontuando as correções e exigindo revisões mais constantes. O resultado disso tudo, é que foi constatado que a escrita do relatório tornou uma etapa essencial durante a prática do acadêmico, principalmente, quando esta for seguida por seus *feedback*.

5.2 OS EXPERIMENTOS E AS QUESTÕES DOS CADERNOS DIDÁTICOS

Os experimentos foram realizados pelos estudantes sob orientação da professora pesquisadora. Foram disponibilizados com antecedência, os cadernos didáticos, para que os estudantes realizassem a leitura prévia do texto e irem se familiarizando com os procedimentos previstos para a atividade. O diálogo e questionamentos foram as ferramentas utilizadas para guiar a prática, de modo que os estudantes aprofundassem sua forma de pensar e interpretar os conceitos científicos envolvidos. Assim, conhecendo o processo, o estudante tem maior clareza dos objetivos de aprendizagem e dos procedimentos experimentais.

Contudo, constatou-se que a maioria dos estudantes não realizou a leitura prévia do texto. Isto exigiu uma reavaliação sobre a forma com que esta foi abordada e como poderia ser corrigido esse problema. Foi, então, que a experiência vivenciada na Universidade de Ciências Aplicadas de Osnabrück que se encontrou uma possível solução, de modo a incentivar os estudantes a realizarem a leitura prévia do material. Além do mais, este método não só incentivou a leitura prévia pelos estudantes alemães, como, também, apresentou efeitos positivos e promissores ao processo de aprendizagem destes, impulsionando a melhora no seu desempenho acadêmico. Este método ficou conhecido como Koloquium (tradução: Colóquio).

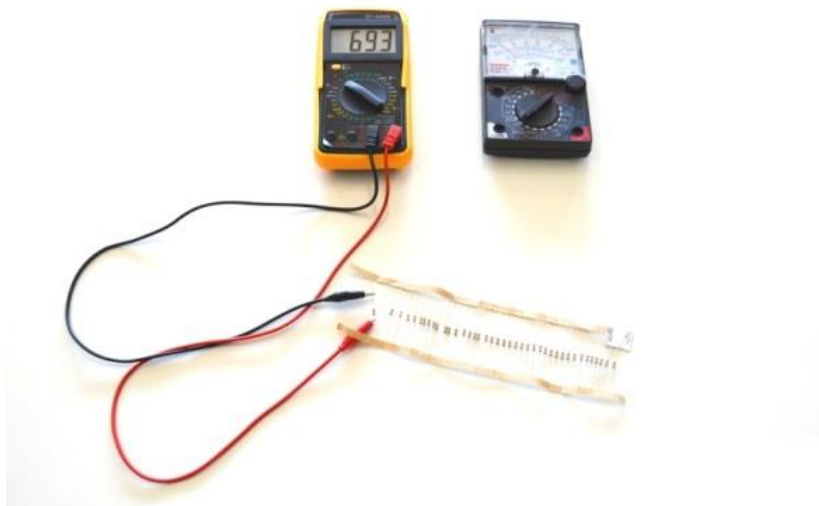
Nas aulas experimentais, a preocupação, durante o processo de ensino, se deteve em maximizar a análise gráfica, em compreender as grandezas físicas e em utilizar corretamente as unidades de medidas. Sempre tendo em vista, a formação científica (acadêmica e profissional) dos estudantes, buscou-se promover o desenvolvimento, principalmente, das competências e habilidades em: interpretação e resolução de problemas de Física e Química, interpretação gráfica, trabalho em grupo, comunicação (principalmente a escrita) e de tomada de decisão. Os

resultados apresentados a seguir, referem-se às questões presentes nos cadernos didáticos, os objetivos e a análise dos relatórios.

Os conteúdos de Física e Química foram dispostos em cinco Unidades de Ensino, correspondendo um Caderno Didático para cada Unidade. Assim, têm-se os experimentos 1, 2, 3, 4 e 5 correspondentes a Unidade I do Caderno Didático. Os experimentos 6, 7 e 8 correspondentes a Unidade II, os experimentos 9 e 10 integrados a Unidade III, assim como os experimentos 11, 12, 13, 14 e 15 integrados na Unidade IV e, por fim, os experimentos 16, 17, 18 e 19 constituindo a Unidade V do Caderno Didático.

5.2.1 Experimento 1 - Controle de Qualidade: Análise gráfica de medidas elétricas.

Figura 8. Material utilizado no experimento 1.



Fonte: autora.

Questão 1.1 Escreva um relatório apresentando as suas medidas, autorizando ou não o descarte de todo o lote, justificando o porquê da sua decisão baseados na sua análise, que deverá ser descrita em detalhes.

Questão 1.2 Faça uma pesquisa bibliográfica e encontre um artigo científico aonde há uma descrição e controle de qualidade de um processo de medida em um dado setor da cadeia produtiva de alimentos. Cite o nome do artigo, os autores, o título e a revista em que foi publicado, com a data, o ano da publicação e páginas do artigo consultado. Explique como o(s) autor(es) fizeram o controle de qualidade dos lotes de alimentos selecionados para a produção.

Esta atividade experimental, realizada na turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM, contou com a participação de 17 estudantes. O *objetivo do experimento* foi verificar a qualidade de resistores a fim de recomendar ou descartar o lote desta linha de produção. Esta verificação foi realizada por meio de cálculos da média, do desvio padrão e do valor do desvio padrão da média. A explicação da realização dos cálculos estava no roteiro, sendo demonstrada na aula

teórica. Os *materiais* utilizados foram: seis resistores, um multímetro digital e outro analógico. Preenchendo uma tabela com os valores obtidos no multímetro para os seis resistores e calculando o valor da somatória, valor da média e do desvio padrão, foi obtido um valor para o erro padrão da média. A qualidade do material é definida pelo erro padrão da média. Neste caso, os valores medidos para os resistores, deveriam ser menores ou iguais a 5%. Estando nesse padrão, o lote era aprovado e liberado para a venda. Caso contrário, era descartado todo o lote. Os *objetivos de aprendizagem* se detiveram na capacidade de descrever o relatório, incluindo o processo de análise da qualidade de um produto, assim como, as considerações e conclusões da atividade. As capacidades objetivadas foram: análise, escrita, investigação, pesquisa científica e habilidades de cálculos percentuais.

Como resultado experimental, os estudantes obtiveram uma porcentagem inferior a 1% para o valor do desvio padrão da média, concluindo que este lote de resistores estava apto para ser comercializado. No entanto, esta primeira atividade representou grandes dificuldades pelos estudantes, para compreender, calcular e preencher a tabela. Este fato ocorreu, quando múltiplos cálculos e interpretações foram solicitados, caracterizando uma baixa capacidade de raciocínio e de cálculo matemático. Este fato demonstra que a falta de prática dificulta o aprendizado, é preciso um superaprendizado (prática constante) até que esta se torne automática, conforme demonstrado pelo Ensino Explícito.

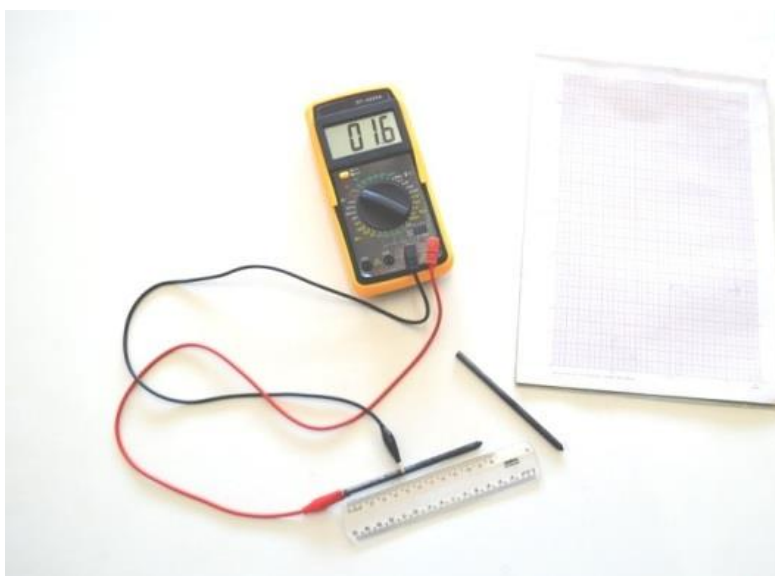
No Ensino Explícito, um dos andaimes estabelecidos para melhorar a aprendizagem do aluno é fazer com que o professor se movimente na sala, e proporcione *feedback* e correções o mais breve possível, para que o conceito errôneo não seja estabelecido em sua estrutura cognitiva. Estes procedimentos foram realizados na turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM, observando o desempenho e os comportamentos dos estudantes durante a realização do experimento e os cálculos matemáticos. Esta forma de conduzir a atividade possibilitou a verificação, quase que imediata, de alguns erros de medida e de cálculos, permitindo a intervenção do professor para conduzir a prática por meio de correções e *feedback* do conteúdo, antes que o erro se integrasse a memória de longo prazo.

Os primeiros relatórios escritos pelos estudantes necessitaram de alguns ajustes quanto à estrutura e abordagem do conteúdo. Assim, no retorno dos relatórios, foi realizado um momento de *feedback*, buscando esclarecer as dúvidas que ainda pairavam nos pensamentos da turma. Portanto, foram reforçados os critérios em que os relatórios seriam analisados, verificando os termos conceituais, a resolução dos cálculos e a qualidade das conclusões sobre a prática da atividade no contexto profissional do tecnólogo em alimentos.

Na questão 1.2, foram escolhidos treze artigos científicos e dois textos publicados sobre segurança de alimentos e cadeia produtiva do leite. As revistas em que os artigos foram publicados foram na área das Ciências Agrárias e da Ciência e Tecnologia de Alimentos. Dos treze artigos, dois não se encaixavam no padrão solicitado, pois não apresentaram métodos ou técnicas de análise e medida de controle de qualidade do alimento, apresentando uma descrição sobre práticas de higiene em frigoríficos e propriedades rurais. O importante desta questão foi que os estudantes conseguiram identificar as partes fundamentais do artigo, isto é, seu objetivo, os procedimentos, os resultados obtidos e quais foram as conclusões dos autores. No geral, o produto alimentício abordado nos artigos se deteve em seis tipos: leite, frutas, carne bovina, frango, arroz e soja.

5.2.2 Experimento 2 - Determinação da condutividade e resistividade de materiais.

Figura 9. Material utilizado no experimento 2.



Fonte: autora.

Questão 2.1 Faça o gráfico da resistência, medida em Ohms, em função do comprimento L. Que tipo de relação matemática que você espera ajustar?

Questão 2.2 Use os dados da tabela para um ajuste de mínimos quadrados adequando a suas medidas e obtenha a equação dessa reta.

Questão 2.3 Calcule a resistividade ρ em $\Omega \cdot m$ e a condutividade elétrica σ em $\mu S/cm$ do grafite comercial de desenho técnico que certamente não é a mesma do grafite puro.

Questão 2.4 Se uma barra de grafite tiver 9,2 cm e se for conectada uma bateria de 9,0 volts, e resistência interna de 23,4 Ω , qual será o campo elétrico que os elétrons no seu interior irão sentir? E qual é a densidade de corrente J em A/m^2 presente no interior desse cilindro condutor?

No segundo experimento, continuando com o estudo sobre os resistores, a atividade foi realizada por quatorze estudantes. O *objetivo do experimento* foi estudar as medidas elétricas de resistência e condutividade, obtendo seus valores para o grafite vendido em papelarias. O *objetivo de aprendizagem* se deteve no desenvolvimento de capacidades e habilidades para construir e analisar gráficos, em desenvolver cálculos matemáticos e em expressar em diferentes formas os conceitos científicos.

Em alguns relatórios, verificou-se a ausência da simbologia das grandezas físicas nos eixos das coordenadas cartesianas. Como *feedback* e correções dos relatórios, este fato foi destacado. Uma situação que trouxe incertezas para alguns estudantes foi a colocação da proporcionalidade dos pontos nos dois eixos do gráfico. No geral, os relatórios foram entregues, pela maioria, em um formato diferente de relatório, sendo este, somente das questões e suas respostas. Alguns simplesmente resolveram as questões no roteiro, acrescentando uma breve consideração final quanto ao objetivo da atividade experimental, entregando-o como relatório. Este fato demonstrou que a compreensão sobre a estrutura de um relatório, ainda não estava bem esclarecida para toda a turma, exigindo novas considerações no retorno destes relatórios. Outra observação a ser relatada é em relação à questão 2.4. A necessidade de uma interpretação do enunciado e da realização de cálculo resultou em uma resolução incompleta da questão. No entanto, observou-se, que alguns estudantes buscaram ilustrar o circuito para resolver a questão, mas não obtiveram êxito nos cálculos. Isto refletiu na necessidade de trabalhar mais este tipo de representação para que os estudantes possam desenvolver mais níveis cognitivos da Taxonomia de Bloom.

5.2.3 Experimento 3 - Condutividade e resistividade da água ultrapura.

Questão 3.1 Determine as funções que ajustam $\rho(C)$ e $\sigma(C)$ usando o modelo de lei de potência, determinando as constantes a , b , d e e pelo método de mínimos quadrados.

Questão 3.2 Compare as constantes a , b , d e e , verifique quais delas têm relação entre si. Explique o porquê.

Questão 3.3 Qual é a condutividade e resistividade de uma amostra de água ultrapura a 25°C quando se adiciona 100µg em 500mL desse solvente, em unidades laboratoriais, µS/cm para a condutividade e MΩ.cm para a resistividade?

Questão 3.4 Um técnico em alimentos faz uma solução dissolvendo 1,5 mg de NaCl em 2,5 litros de água ultrapura e coloca o resultado em um frasco "A". Depois ele faz outra dissolvendo essa mesma quantidade de NaCl, mas em 500mL de água ultrapura, colocando o produto em um frasco "B". Usando a análise feita nesse experimento, em qual dos frascos "A" ou "B" haveria maior possibilidade de erro no cálculo da estimativa teórica da resistividade e condutividade? Dica: reflita sobre a interpolação e extrapolação de dados laboratoriais e justifique a sua resposta.

Para este experimento, foram entregues treze trabalhos. O *objetivo do experimento* foi estudar a condutividade e resistividade de uma solução de salmoura com água ultrapura em

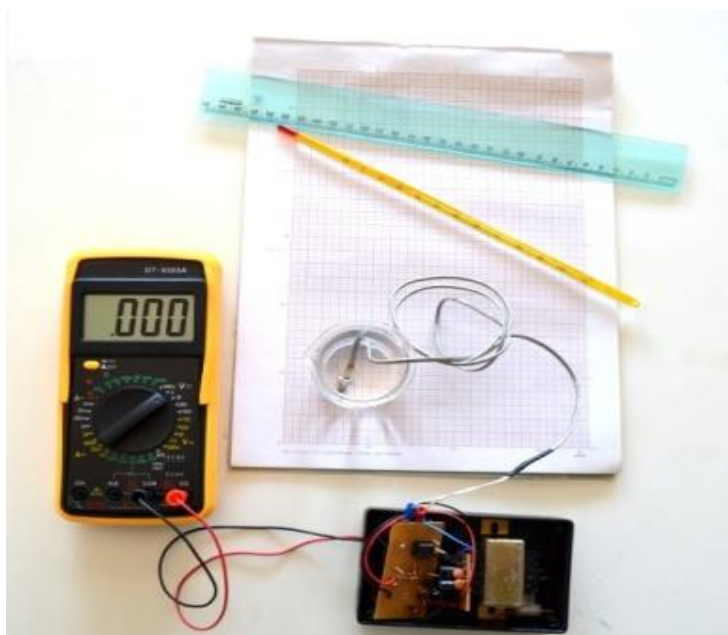
temperatura padrão, verificando o processo quando a concentração de cloreto de sódio é aumentada. Os *objetivos de aprendizagem* foram o desenvolvimento de capacidades e habilidades em: interpretação de dados tabelados, construção e análise gráfica, uso correto das grandezas físicas e unidades de medidas, resolução de problemas, interpretação do processo físico envolvido e o raciocínio científico-matemático da proporcionalidade.

Nesta atividade, os relatórios entregues apresentaram os quatro critérios de análise da pesquisadora, apresentando a resolução completa da questão, a utilização correta dos conceitos físicos, a relação dos conceitos científicos com a prática profissional e a descrição das conclusões a respeito dos resultados. Com relação à construção e análise gráfica, todos os estudantes conseguiram plotar o gráfico, fazendo o ajuste linear e verificando que a resistividade e a condutividade são inversamente proporcionais, verificando que o aumento de uma leva a diminuição, na mesma proporção, da outra grandeza.

Esta atividade experimental foi trabalhada dando ênfase nos erros e dificuldades vivenciados pelos estudantes, com relação à construção e análise gráfica. O que demonstrou um modo promissor para trabalhar a construção e análise gráfica.

5.2.4 Experimento 4 – Termocúmulas industriais para medida de temperatura.

Figura 10. Material utilizado no experimento 4.



Fonte: autora.

Questão 4.1 Coloque os valores, medidos no experimento, no gráfico e identifique o tipo de termocúmula utilizada no experimento e os materiais que ela é feita.

Questão 4.2 Pelo termo razão de incremento, definimos a taxa de variação da força-eletromotriz pela correspondente variação de temperatura, que é medida em $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Use o método de mínimos quadrados para obter a razão de incremento da força eletromotriz para a termocúpula usada.

Questão 4.3 Como você desconfiaria se uma termocúpula de um determinado equipamento para processamento de alimentos estivesse necessitando ser substituído? Justifique o que você faria para confirmar a necessidade de chamar a assistência técnica para substituir esse sensor de temperatura.

No quarto experimento, teve-se por *objetivo* o estudo das características da tensão elétrica produzida para uma termocúpula, assim como, a força eletromotriz (*fem*), avaliando as características físicas envolvidas. Quanto aos *objetivos de aprendizagem*, teve por intenção proporcionar o desenvolvimento das capacidades e habilidades de interpretação gráfica, de tomada de decisão quanto à procedência do material, habilidades para manusear os equipamentos e a capacidade de avaliar possíveis problemas de funcionamento do produto.

Contando com a participação de doze estudantes, que divididos em grupos menores, realizaram os procedimentos solicitado no experimento. Primeiramente, os estudantes colocaram uma termocúpula em banho-maria em água juntamente com um termômetro. A cada cinco graus de variação da temperatura, os estudantes anotavam os valores apresentados no multímetro. Os valores obtidos foram entre as temperaturas de 20°C e 80°C . Com estes valores foi construído o gráfico, seguido pela análise e respostas das questões. Para responder a questão 4.1, os estudantes plotaram o gráfico dos quatro tipos de termocúpulas, constatando que os valores obtidos para a termocúpula X foram semelhantes aos valores da termocúpula e material Cromel-Alumel, do Tipo K.

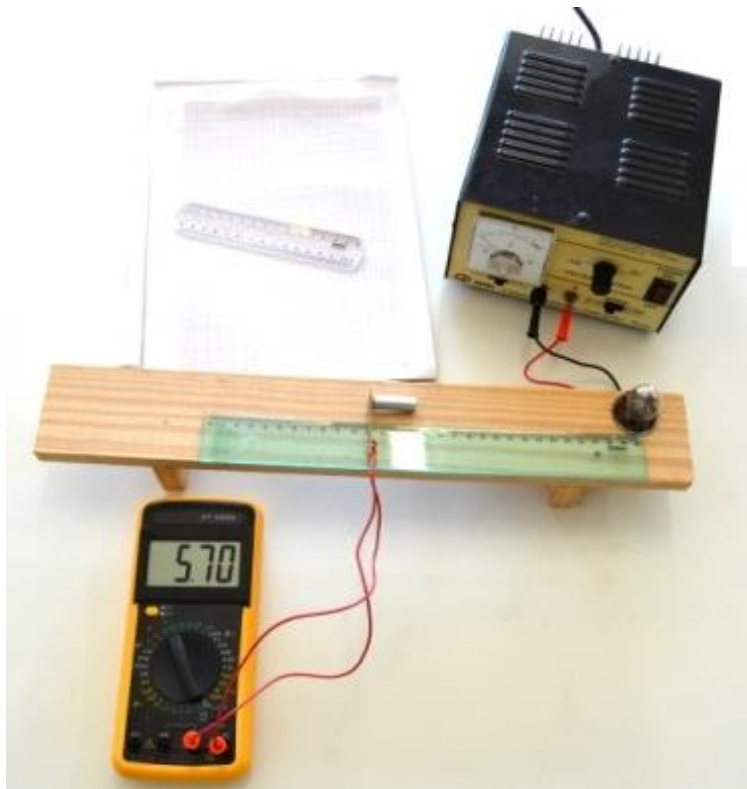
Este experimento permitiu o desenvolvimento de raciocínio crítico e de valor pelos estudantes, ao julgarem a procedência e qualidade do material. Quanto aos relatórios, os estudantes demonstraram, em sua maioria, corretamente, os cálculos, os termos físicos e as unidades de medidas.

5.2.5 Experimento 5 – Resistores dependentes da luz.

Questão 5.1 Elabore um relatório sobre o desempenho de um fotoresistor, analisando a sua resistência em Ω em função da proximidade deste fotoresistor com a lâmpada (em m);

Questão 5.2 Apresente e discuta os principais fatores de erros experimentais no seu relatório.

Figura 11. Material utilizado no experimento 5.



Fonte: autora.

O *objetivo do experimento* foi analisar o desempenho de um fotoresistor com relação à proximidade de uma lâmpada. Os *objetivos de aprendizagem* estavam direcionados ao desenvolvimento de juízo de valor (tomada de decisão), identificar e analisar os fatores externos que influenciam nas medições e nos resultados de medidas experimentais, de modo a prever situações e resultados do comportamento das medidas experimentais.

Um fotoresistor é descrito como um resistor dependente da luz, apresentando alterações quanto às características da resistência elétrica na presença de luz. A análise foi realizada com a utilização de um multímetro, verificando os valores da resistência do fotoresistor, à medida que este se aproximava da lâmpada. Na análise dos treze relatórios entregues, observou-se uma evolução quanto à escrita e organização do relatório, tendo presente os objetivos, a descrição do procedimento realizado e as conclusões dos estudantes com relação ao observado. Em suas considerações, os estudantes concluíram que ocorre uma diminuição da resistência do fotoresistor à medida que se aproximava da lâmpada, verificando que a luminosidade²⁸ interfere na resistência do fotoresistor, sendo um o inverso do outro.

²⁸É a intensidade de luz emitida por um objeto luminoso.

Em cinco relatórios, foram citados como exemplo de aplicação e observação desse fenômeno, os postes de iluminação pública. Quando há a diminuição da incidência dos raios solares na lâmpada, as fotocélulas acionam um dispositivo que faz a lâmpada se acender. No cotidiano profissional do tecnólogo em alimentos, as considerações feitas pelos estudantes foram inconclusivas, não havendo uma aplicação direta do fotoresistor na produção de alimentos, somente descreveram que a temperatura influencia a qualidade do produto.

Com relação à questão 4.2, os possíveis erros que poderiam acontecer e resultar em problemas nos experimentos, foram com relação à problemas de medidas no multímetro, caso não esteja calibrado e em perfeitas condições, os erros humanos no posicionamento do fotoresistor em direção a luminosidade da lâmpada, se o técnico que manuseava o fotoresistor tivesse tremores nas mãos durante as medidas. Outro exemplo citado foi relacionado ao ambiente em que o experimento foi realizado, sendo que a claridade da sala interfere. E um último exemplo citado, refere-se à composição e a qualidade do material.

A clareza sobre os possíveis erros de medida experimental é fator crucial para o bom desempenho dos profissionais da área, pois estes já estarão preparados para possíveis problemas nas medições, tomando decisões que evitam qualquer problema semelhante. Este quinto experimento finalizou a Unidade I, tendo o estudo das propriedades elétricas dos materiais sua aplicabilidade no ramo da indústria de alimentos.

5.2.6 Experimento 6 - Determinação do coeficiente de viscosidade.

Figura 12. Material utilizado no experimento 6.



Fonte: autora.

Questão 6.1 Analisando o gráfico, o que se pode concluir sobre a viscosidade da glicerina e das substâncias em geral?

Questão 6.2 Cite e argumente os possíveis erros de medidas no experimento realizado. Considerando que o coeficiente de viscosidade da glicerina é 1,48 mPa.s.

Questão 6.3 Ao invés da glicerina, se utilizássemos o mel, com coeficiente de viscosidade em torno de 59,6 mPa.s. Como seria a velocidade e o tempo de queda das esferas de aço?

Esta atividade corresponde à segunda unidade didática, sendo implementada nas duas turmas. Na turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM teve a participação de 13 estudantes e a turma de Agronomia contou com a participação de 31 estudantes. O *objetivo do experimento* foi determinar o coeficiente de viscosidade, utilizando-se a “glicerina” como substância de análise. O *objetivo de aprendizagem* foi desenvolver as capacidades e habilidades em: interpretação e resolução de problemas, análise gráfica, análise comparativa, manusear os instrumentos de medida, o trabalho em equipe, comunicar na forma escrita, pensar de forma crítica e, também, identificar, interpretar e avaliar a importância da viscosidade na produção e qualidade de alimentos.

Para a análise e discussão dos resultados quanto aos objetivos de aprendizagem, utilizou-se um elemento a mais, sendo este, as observações realizadas na turma de Tecnologia em Alimentos da Universidade de Osnabrück, na Alemanha, por ser uma atividade semelhante à desenvolvida na disciplina “*Lebensmittelphysik*”.

Ao serem questionadas quanto ao nível de glicerina a ser preenchida na proveta, a velocidade e o tempo de queda da esfera, ambas as três turmas (Tecnologia em Alimentos da UFSM, Tecnologia em Alimentos da Hochschule Osnabrück e Agronomia da UFSM) tiveram dúvidas e compreensões semelhantes. No entanto, os estudantes da *Lebensmittelphysik* tiveram uma percepção mais rápida sobre o que estava sendo questionado naquele momento. Um dos motivos está relacionado ao fato de que estes estudantes já terem realizado a leitura prévia do material, proporcionando maior clareza e familiaridade aos termos científicos abordados, o que tornou mais fácil, conectar os conhecimentos anteriores com o novo aprendizado. Uma abordagem que descreve muito bem uma das intenções do Ensino Explícito, no que se refere à obtenção do máximo de conexões de conhecimentos novos com os anteriores, facilitando o processamento da informação e transferindo um maior número de aprendizado da memória de trabalho para a memória de longo prazo.

A intensão desses questionamentos foi iniciar o processo de observação e guiar os estudantes para o que eles realmente deveriam observar, ou seja, o momento em que a velocidade se tornasse o mais constante possível, a relação entre a densidade da esfera e o tempo de queda e os tipos de forças atuando neste sistema. Esta etapa constituiu uma das funções

descritas por Rosenshine e Stevens (1986), apresentando uma breve revisão dos conteúdos estudados, declarando os objetivos e aprendizagem e guiando os estudantes durante a prática. Embora o foco da atividade tenha sido o estudo da viscosidade, também foi possível revisar conceitos já estudados no ensino médio, tais como: as forças resultantes que atuam em um corpo, com diferentes meios, as grandezas físicas (tempo, velocidade, distância, volume, massa específica, densidade, unidades de medida do Sistema Internacional (SI) e as transformações dessas unidades de medida).

Para que houvesse uma participação mais ativa por parte dos estudantes, estes foram solicitados a verbalizarem em voz alta o que estavam observando. Dessa forma, os estudantes de Tecnologia em Alimentos e de Agronomia da UFSM relataram suas observações por meio da relação entre as massas das esferas e a queda, em que, quanto maior for a esfera, menor será o tempo de queda, de modo que a glicerina “dificulta a descida” da esfera. Ao aprofundar a análise do comportamento de queda das esferas, foram feitas observações com relação a outros materiais, como a água e o mel. Estes questionamentos e observações não foram realizados diretamente com os estudantes de Tecnologia em Alimentos da Hochschule, pois a realização da atividade demonstraria essa análise, ao utilizarem diferentes substâncias com diferentes viscosidades para análise, consistindo das seguintes substâncias: ketchup, solução de Alginato²⁹ (com diferentes concentrações deste soluto) e um creme de baunilha. Ao final da atividade, verificou-se que estes estudantes apresentavam maior conhecimento e clareza quanto às medidas necessárias para encontrarem o valor da viscosidade a partir da sua equação.

As principais discussões sobre esta atividade foram organizadas em tópicos de capacidades e habilidades:

1. Capacidades e habilidades psicomotoras: Com relação às capacidades de manusear e realizar o experimento, os estudantes de ambas as turmas da UFSM, relataram não terem dificuldades neste aspecto. O que mereceu maior atenção, segundo eles, foi sintonizar a largada da esfera e a cronometragem do tempo. Nas primeiras tentativas ocorreram movimentos horizontais e rotacionais da esfera durante a descida, o que exigiu maior cuidado ao largar a esfera, para minimizar esses erros. Nesta atividade, o trabalho em equipe teve um grande destaque, considerando que quanto mais medidas e mais olhos observando o processo, informações mais próximas do valor real poderiam ser obtidas. A mesma observação foi feita

²⁹ Os alginatos são polissacarídeos extraídos de algas e de algumas espécies de microrganismos. É utilizado em alimentos, cosméticos e medicamentos, como espessante, estabilizante de emulsões e espuma, agente de encapsulação, agente de gelificação, agente de formação de filmes e de fibras sintéticas, etc. (MÜLLER, SANTOS, BRIGIDO, 2011).

na turma da Hochschule Osnabrück. No entanto, ao invés de utilizar a glicerina (como realizado com a turma da UFSM), os estudantes da Hochschule prepararam 400mL de solução de Alginato na concentração 0,25% do soluto. A quantidade de Alginato utilizado foi calculada com grande facilidade por esta turma, o mesmo já não pode ser verificado nas atividades que exigiam cálculos de proporcionalidade pelos estudantes da UFSM.

2. Capacidades de interpretação, resolução e análise gráfica: Considerando uma equação com várias grandezas envolvida, sendo que alguns dados necessitavam serem obtidos com mais de um cálculo, como no caso da velocidade de queda, do volume e densidade da esfera e da glicerina, muitos estudantes da UFSM se sentiram perdidos nessa etapa. Contudo, esse impasse foi resolvido após ser dada a explicação de todas as etapas até obterem os dados que necessitavam. Este momento necessitou de maior envolvimento da professora-pesquisadora para guiar os estudantes aos conceitos necessários. Outro entrave que os estudantes se depararam foi na transformação das unidades de medidas, estando desatentos e ansiosos em resolver a questão, não perceberam que as unidades de medida não estavam padronizadas. Em relação à construção do gráfico, alguns estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM demonstraram maior familiaridade em plotar os dados, já outros, apresentavam dificuldades em obter uma relação de simetria quanto ao espaçamento dos pontos, por apresentar variação na segunda e terceira casa decimal. Na turma de Agronomia, a dificuldade dos estudantes em plotar o gráfico foi maior, necessitando de mais tempo na prática guiada. Com relação aos estudantes de Tecnologia em Alimentos da Hochschule, estes apresentavam um bom conhecimento e compreensão sobre a análise gráfica. No material disponibilizado pelo professor, havia representações gráficas referentes à curva de escoamento de fluidos newtoniano e não newtoniano. E a análise destes gráficos foi realizada durante o Colóquio. Esta etapa se assemelhou ao que Rosenshine e Stevens (1986) denominaram de prática guiada.

3. Capacidades cognitivas em aplicar o conceito de viscosidade no contexto da produção de alimentos: Verificar na área da produção de alimentos, a aplicabilidade do fenômeno da viscosidade demonstrou ser algo mais perceptível e familiar para os estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM do que pela turma de Agronomia. Exemplos mais citados referiram à análise da consistência do iogurte, mel, sucos de frutas e leite. Esta análise em que é verificada a fluidez, sendo que os produtos com maior fluidez representam uma viscosidade menor, sendo uma forma de analisar a qualidade do produto. Na Alemanha, os estudantes da Hochschule realizaram quatro métodos de medição para determinar a viscosidade e o comportamento do fluxo da solução de Alginato (de 1% e de 1,5%), ketchup e creme de baunilha, utilizando um

viscosímetro de esfera (semelhante ao utilizado no Brasil – proveta e pequenas esferas), o consistômetro de *Bostwick* (figura 13a), viscosímetro com medidas do torque (figura 13b) e o reômetro de rotação com sistema de medição de cilindros (figura 13c). Com estas quatro análises, foi possível calcular o coeficiente de viscosidade.

Figura 13. Instrumentos de medida para análise da viscosidade.



Fonte: <https://www.bostwick.at/> e <https://www.thermofisher.com/>

Verificando o desempenho dos estudantes, percebeu-se que os estudantes da Hochschule apresentaram uma resposta cognitiva e psicomotora mais rápida ao realizar os experimentos, em obter a concentração de soluto e encontrar o valor da viscosidade.

5.2.7 Experimento7 - Medida de concentração de soluções salinas.

Questão 7.1 Ao dissolver gradativamente o Cloreto de Sódio (NaCl) em água destilada para fazer uma salmoura, faça uma curva de calibração de graus Baumé versus concentração de NaCl na salmoura em % para o seu aerômetro. Antes, calcule quanto sal deve ser colocado em uma amostra de água de 250 mL para subir a concentração em intervalos de 2%.

Questão 7.2 Cite três fontes de erro experimentais envolvidos em todo o processo de coleta de dados e que podem interferir na produção da curva de calibração do aerômetro usado nesse experimento.

Questão 7.3 Explique como você utilizaria a técnica dos aerômetros para medir líquidos como o etanol, cuja densidade dessa substância pura é 0,789 g/cm³.

Questão 7.4 Explique como você pode verificar se a gasolina está adulterada, com adição maior de etanol que o permitido por lei, que é entre 19 e 21%. A densidade da gasolina pura é entre 0,72-0,76 g/cm³ a 4°C.

Questão 7.5 Para fazer apresuntado de peru, colocam-se ingredientes dissolvidos em salmoura-base a 4°C misturados ao peito de peru moído em uma misturadora. A norma recomenda ao técnico em alimentos que 3,60 kg de sal fino sejam dissolvidos em 36,6 litros de água para cada lote de 72,5 kg de peito de peru. Quantos graus Baumé você espera para essa salmoura antes de adicionar os demais ingredientes? Qual é a densidade da salmoura?

Figura 14. Material utilizado no experimento 7.



Fonte: autora.

Este experimento teve como *objetivo*, verificar a densidade de uma solução salina com diferentes concentrações de soluto. Para tanto, as medições foram feitas utilizando um densímetro, conhecido como aerômetro de Baumé. Assim, ao aumentar a concentração de sal na solução aquosa, deve ser observado que a densidade desta solução varia. Quanto aos *objetivos de aprendizagem* pretendidos ao término da atividade foram desenvolver capacidades e habilidades em: emitir juízo de valor (tomada de decisão), calcular a proporcionalidade, interpretar e analisar os dados gráficos, utilizar uma linguagem científica para se comunicar e, ainda, manusear equipamentos.

No setor da indústria de alimentos, a necessidade de compreender a relação de proporção e porcentagem é vital ao tecnólogo em alimentos, sendo conceitos aplicados diariamente. Buscando trabalhar esses conceitos em aula o experimento abordou o assunto da densidade e concentrações salinas na salmoura³⁰. Solução muito utilizada para a preparação e conservação de carnes. Este processo é realizado frequentemente na preparação da carne para produzir salsichas, presuntos e salames.

Observando o desenvolvimento dos estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM ao resolverem a questão 7.1, verificou certa dificuldade em encontrar o valor correspondente, sendo este de cinco gramas de sal para o aumento de 2% da concentração salina em uma solução de 250 mL. Resolvendo o problema da proporção, foram feitas as medidas da densidade em relação ao aumento da concentração da solução. À medida que aumentava a concentração de

³⁰ Solução aquosa com alta concentração de Cloreto de Sódio (sal de cozinha).

sal, a densidade da solução aumentava, observando o aerômetro de Baumé subir em valores a sua escala. Inicialmente, os estudantes perceberam uma subida do densímetro em escala regular, porém em determinado momento, a densidade já não aumentava mais em escala proporcional. A partir dessas observações, foram citadas como possíveis erros de medida as mudanças de temperatura do ambiente e da solução, fatores humanos, com o posicionamento incorreto para realizar a leitura dos graus Baumé no densímetro. Direcionando o assunto para aplicações na área de produção de alimentos foram citados: a fabricação de queijos, salames, charques, utilizando-se como um método de conservação do alimento.

5.2.8 Experimento 8 - Análise de interações moleculares por meio da capilaridade.

Figura 15. Material utilizado no experimento 8.



Fonte: autora.

Questão 8.1 Classifique os nomes das soluções A, B, C e D.

Questão 8.2 Se você desprezasse os ângulos formados pelo menisco, como isso afetaria na identificação da altura?

Questão 8.3 Fazendo todos os ângulos iguais a zero, qual fator físico do comportamento molecular estaria sendo ignorado?

Questão 8.4 Como você explica o fato da seiva subir das raízes até as folhas?

Questão 8.5 De quem ou de onde você obteve a informação do item anterior?

Questão 8.6 Quais foram suas dificuldades na realização deste experimento?

O estudo da capilaridade foi realizado nas duas turmas da UFSM (Tecnologia em Alimentos e Agronomia). O *objetivo do experimento* foi estudar a capilaridade, identificando as soluções de acordo com a altura de ascensão e o ângulo do menisco formado no tubo capilar. Os *objetivos de aprendizagem* foram o desenvolvimento de competências e habilidades em tomada de decisão, em raciocinar e avaliar a procedência de determinada substância, assim como, habilidades em manusear equipamentos e realizar medidas experimentais.

Uma vez que cada substância apresenta um ângulo de menisco característico e uma ascensão capilar também característica, foram realizadas as medidas dos ângulos e da ascensão capilar de quatro substâncias (água, etanol, glicerina e Etilenoglicol³¹). Um dos questionamentos dos estudantes foi com relação à procedência e composição do Etilenoglicol. Para esta atividade, foram tomados os devidos cuidados, utilizando luvas descartáveis e óculos de proteção durante o manuseio das substâncias, devido ao caráter nocivo que a substância Etilenoglicol apresenta, sendo desaconselhados em analisar as substâncias por meio do olfato e paladar, pois pode colocar em risco o bem estar do profissional.

A primeira etapa da atividade se deteve no cálculo da ascensão capilar dos quatro elementos, a partir dos dados fornecidos na tabela. Em seguida, utilizando um mini microscópio e um projetor, foram analisados a altura da ascensão no tubo capilar e o ângulo formado por cada substância, comparando os dados com os valores tabelados, sendo possível classificar as substâncias A, B, C e D, de acordo com os valores obtidos. Esta atividade permitiu visualizar a formação do menisco e à ascensão capilar, sendo esta utilizada como parâmetro pelos estudantes, para classificar as substâncias. Com um odor característico de álcool, a substância B pode ser facilmente classificada como Etanol. Pelas informações apresentadas nos cálculos da tabela e do experimento, obtiveram-se dois grupos de respostas quanto às substâncias. Um grupo classificou as substâncias A, B, C e D em: glicerina, etanol, etilenoglicol, água, respectivamente. E o outro grupo classificou as substâncias A, B, C e D como: glicerina, etilenoglicol, água, etanol, respectivamente. Analisando os dados desses dois grupos, perceberam-se formas diferentes de análise por estes grupos. O primeiro grupo (que acertou todas as substâncias) considerou como fator determinante as características organolépticas, isto

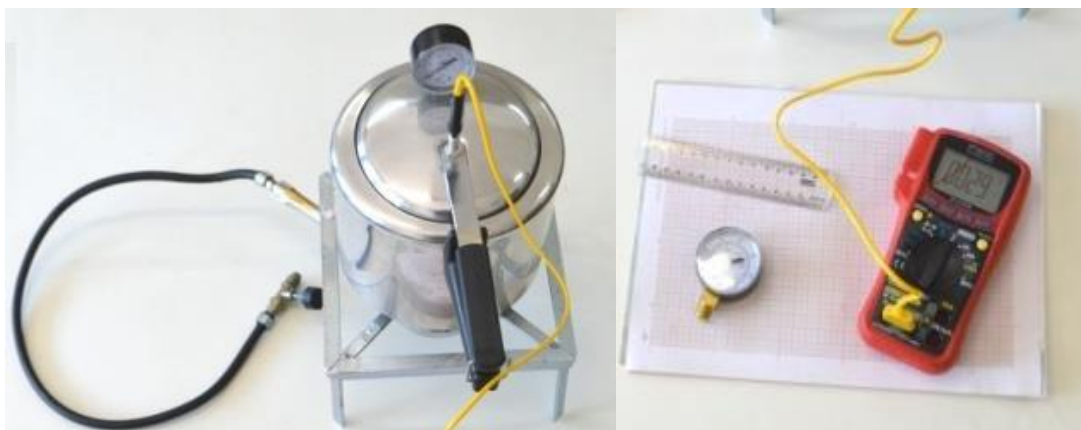
³¹ O etilenoglicol, comumente conhecido como glicol, é um líquido incolor, inodoro, com sabor agridoce e pouco volátil em temperatura ambiente. É produzido industrialmente a partir do etileno. Quando adicionado à água eleva o ponto de ebulição da mistura ao mesmo tempo que reduz o ponto de congelamento, por isso é utilizado como anticongelante em diversas aplicações, como aditivo para água em radiadores de veículos. Pode ser utilizado na fabricação de plásticos, filmes para embalagens, resinas alquílicas, na composição de formulações de óleos para usinagens, plastificantes para papel celofane, na formulação de tintas, agrotóxicos e papel, como solvente para nitrocelulose, acetato de celulose, cosméticos, entre outros usos (<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Etilenoglicol.pdf>).

é, a textura, odor e cor; já o segundo grupo, classificou as substâncias de acordo com as medidas obtidas na atividade. Este experimento revelou algumas incongruências em relação às medidas do ângulo e da ascensão capilar. Suas variações foram muito pequenas, vistas a olho nu, o que dificultou a análise do ângulo. No entanto, estas inconformidades foram discutidas durante a prática, considerando que erros de medidas podem facilmente serem encontrados neste tipo de experimento. Como relatado pelos próprios estudantes, a captura da imagem pelo mini microscópio foi difícil, não tendo uma total nitidez, dificultando a visualização do ângulo. Outro fator observado com relação ao cálculo para obter a altura capilar foi na desatenção de alguns estudantes em converter as unidades de medidas. Apesar da variação do ângulo dessas medidas serem pequenas, foi possível perceber que esta é uma unidade de medida que não pode ser descartada no estudo da capilaridade. Entretanto, na maior parte dos livros de Física o que se observa é a abordagem do conceito de capilaridade sem a menção do ângulo nos cálculos.

Com esta atividade experimental encerrou a segunda unidade didática, abordando com maior ênfase capacidades de raciocínio crítico, habilidades matemáticas para o cálculo de concentrações, capacidades de observação e julgamento de valor. Na estrutura desta unidade buscaram desenvolver as três etapas descritas por Rosenshine e Stevens (1986) e confirmadas por Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) no processo de Ensino Explícito, de modo que o estudo da capilaridade, viscosidade e concentração fossem apresentados nas etapas da modelagem, da prática guiada e da prática independente, observando um tempo maior na segunda etapa, devido às dificuldades apresentadas na realização dos experimentos.

5.2.9 Experimento 9 - Cozimento a Vapor

Figura 16. Material utilizado no experimento 9.



Fonte: autora.

Questão 9.1 Fazer o gráfico da pressão versus temperatura e interpretar os dados.

Questão 9.2 Qual das três leis da Termodinâmica se aplica a partir de qual temperatura.

Questão 9.3 Qual o número de mols de água a 100°C.

Questão 9.4 Por que o gráfico não é linear para qualquer temperatura.

Este experimento integra a terceira unidade da proposta didática, realizada somente com a turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM. O *objetivo do experimento* foi estudar as propriedades da produção de vapor em uma panela de pressão. Portanto, os conteúdos referentes a este experimento envolvem o conhecimento dos conceitos de pressão, temperatura, volume e seus processos, analisando a variação da pressão com a variação da temperatura. Como *objetivos de aprendizagens* teve-se o desenvolvimento de habilidade em construção e análise gráfica, capacidades de perceber, esclarecer, descrever e avaliar padrões de relação entre as grandezas físicas e a produção de alimentos a partir de processos térmicos.

O uso da panela de pressão demonstra que os estudos sobre a teoria cinética dos gases e os processos termodinâmicos estão presentes no cotidiano do produtor de alimentos. Assim, compreender o processo termodinâmico que ocorre com os alimentos, quando submetidos ao cozimento em uma panela de pressão é tornar a prática do tecnólogo em alimentos mais esclarecedor em termos científicos. Observar na prática profissional o comportamento térmico envolvido exige do profissional, acima de tudo, a capacidade de conhecer, construir, analisar e interpretar gráficos sobre a variação da pressão em função da variação da temperatura e variação de volume. Podendo ocorrer em escala linear ou não, apresentando um comportamento crescente, decrescente ou constante.

De modo geral, esta se tornou uma atividade experimental simples em que a teoria pode ser analisada na prática. Na realização deste experimento, observou-se uma empolgação dos estudantes ao manusearem o equipamento e observarem todo o processo, resultando em um diálogo enriquecedor. Este interesse e participação dos estudantes resultou em menos correções e *feedback* durante a prática guiada, proporcionando um tempo maior para a prática independente da turma. No relatório de um dos estudantes, foi apresentada uma pesquisa sobre a origem da panela de pressão, confirmando o entusiasmo do estudante sobre o estudo, tomando a iniciativa de buscar mais informações sobre o assunto. Possivelmente, tal fato não teria acontecido, caso o interesse não tivesse sido estimulado. São essas possibilidades e interesses que propiciam um crescimento das capacidades cognitivas do estudante em investigar, pensar e se comunicar.

No geral, o conceito central foi compreendido, demonstrando que a pressão interna em uma panela de pressão aumenta à medida que houver um acréscimo em sua temperatura.

Segundo os relatórios entregues, puderam ser observadas duas linhas de pensamento sobre o funcionamento da panela de pressão. A primeira se estende para o cozimento rápido do alimento devido ao aumento da pressão, causando o retardamento do ponto de ebulição, ocorrendo em torno de 120°C. Complementando suas respostas, houve alguns estudantes que descreveram que a pressão interna da panela torna-se maior que a pressão atmosférica. A segunda linha de pensamento refere ao aumento da pressão interna da panela de pressão devido ao aumento da agitação das moléculas de água e vapor, sendo ocasionadas pelo acréscimo de temperatura ao sistema. Como a panela é vedada, o volume permanece constante até o momento em que válvula de sobrepeso se mover ou a válvula de escape se romper.

Por haver somente uma panela de pressão adaptada para a atividade, a turma foi dividida em dois grupos. Enquanto um grupo realizava este experimento, o outro grupo realizava o experimento 10 (que também envolve os conceitos de Termodinâmica) e, ao finalizarem, os dois grupos alternaram os experimentos. Portanto, o primeiro grupo realizou o experimento contendo 600 mL de água no interior da panela de pressão e o segundo grupo realizou o experimento com 1200 mL de água. Os resultados obtidos são demonstrados na figura 17, revelando o valor da temperatura quando a pressão variava em 0,5 psi.

Figura 17. Resultados obtidos pelos estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM.

Volume de água na panela de pressão: **600mL**

p (psi)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5
T (°C)	61	74	83	87	89	91	93	95	96	99	100	101	103	104	105

Volume de água na panela de pressão: **1200mL**

p (psi)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
T (°C)	95	96	97	98	99	100	102	103	104	105	106	107	108	109	109	110	111

Fonte: autora.

Com relação a não linearidade do gráfico (questão 9.4), as justificativas da grande parte dos estudantes se deteve em um gráfico cujo aumento da pressão e o aumento da temperatura não eram constantes, isto é, a variação do aumento da temperatura era diferente da variação do aumento da pressão. Foi a partir da temperatura de 90°C, que a variação começou a se estabilizar. Nos dizeres dos próprios estudantes, a não linearidade ocorre: “*Porque a temperatura não acompanha constantemente a pressão*” (estudante T.A. 14); “*Em determinado momento a*

temperatura eleva-se mais rapidamente” (estudante T.A. 02); *“Porque o aumento da pressão e da temperatura não tem a mesma proporção”* (estudante T.A. 03).

Um dos estudantes interpreta a questão da não linearidade do gráfico, para qualquer temperatura, como um desvio anormal do comportamento que um sistema deve apresentar quando submetido a um processo termodinâmico. Em suas próprias palavras, “a pressão se relaciona com a temperatura, assim varia e pode causar uma diferença, como vemos, alguns pontos ficaram fora, não ficando linear, se todos fossem cortados pela reta”, e este estudante ainda complementou “também levamos em conta as frações de erros como a vazão na panela, entre outros” (estudante T.A. 04), referindo-se a algumas interferências durante o processo, havendo uma variação no volume interno da panela de pressão.

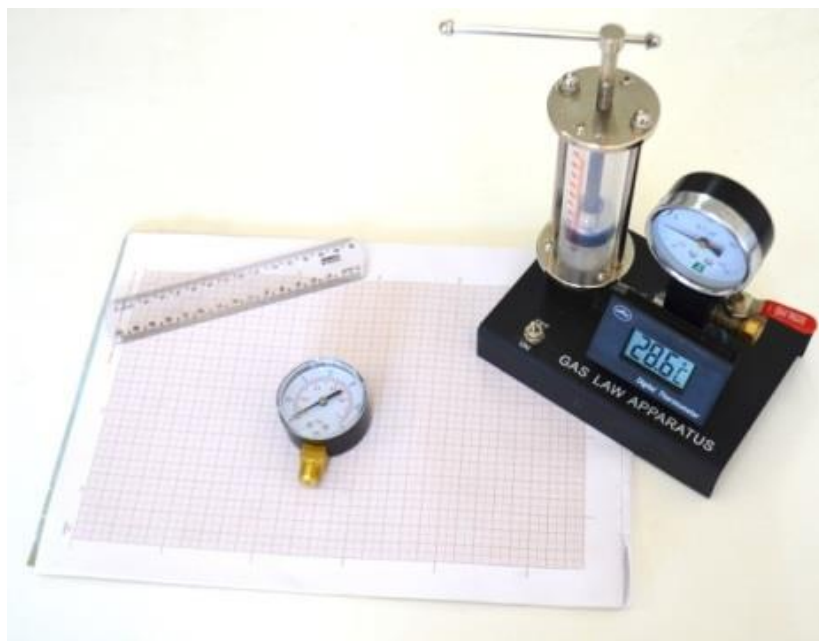
Um dos resultados percebidos com esta atividade foi a necessidade de um estudo maior sobre a linearidade de funções e suas representações gráficas. No ensino explícito uma das funções do professor é fornecer um feedback para os estudantes. Portanto, é neste momento que o retorno aos discentes sobre o estudo da linearidade deve ser realizado, de modo que sejam corrigidos esses “falsos conceitos” presentes na cognição dos estudantes. Para isto, o professor necessita estar atento ao processo de instrução dos seus alunos, sendo necessário o retorno à primeira etapa instrucional do processo de ensino, trazendo a modelagem em termos de linearidade e não linearidade sobre as funções gráficas.

No processo de ensino observado na Alemanha, os Colóquios descrevem bem este papel de guiar o estudante para o desenvolvimento do conhecimento científico. Isto foi verificado por meio de perguntas direcionadas aos estudantes sobre os conceitos e termos físicos envolvidos na prática experimental e, ainda, com o feedback dos relatórios. É um momento em que os estudantes reavaliam os conceitos apreendidos. O Colóquio descreve muito bem o processo da etapa de prática guiada, descrita por Gauthier, Bissonnette, Richard (2014) e Rosenshine e Stevens (1986) no Ensino Explícito, em que as perguntas feitas pelo professor, colocam os estudantes a um repensar sobre seus conhecimentos. Torna-se um momento para verificar as dificuldades na compreensão dos conceitos, empregando o apoio necessário, corrigindo e retroagindo, antes que este conceito passa a constituir-se permanentemente na mente do aprendiz.

5.2.10 Experimento 10 – Lei de Boyle

Questão 10.1 Obtenha os dados da pressão versus volume e faça o gráfico. Qual a característica do gráfico.
Questão 10.2 Faça um ajuste de mínimos quadrados no gráfico $\log p \times \log V$ e obtenha expoente adiabático do ar (γ).

Figura 18. Material utilizado no experimento 10.



Fonte: autora.

O *objetivo do experimento* foi estudar a Lei de Boyle (ou lei das isotermas) na prática, em que, em temperatura constante, a variação da pressão torna-se inversa a variação do volume. Em outros termos, aumentando-se a pressão, reduz-se o volume, para temperaturas constantes. Os *objetivos de aprendizagem* pretendidos foram o desenvolvimento das competências e habilidades em construir, analisar e interpretar gráficos, habilidades em manusear o equipamento, habilidades em desenvolver cálculos e capacidade em interpretação de problema e capacidade de comunicação na forma oral e escrita.

Durante a construção e análise gráfica concluíram que o gráfico apresentava uma curva decrescente, sendo a variação da pressão inversamente proporcional à variação do volume. Em se tratando de uma situação real, o processo termodinâmico pode apresentar algumas alterações, pois neste caso, o experimento não era um sistema ideal. Ao perceberem e questionarem a presença de uma pequena variação na temperatura, os estudantes compreenderam sobre os fatores que diferenciam um sistema real de um ideal.

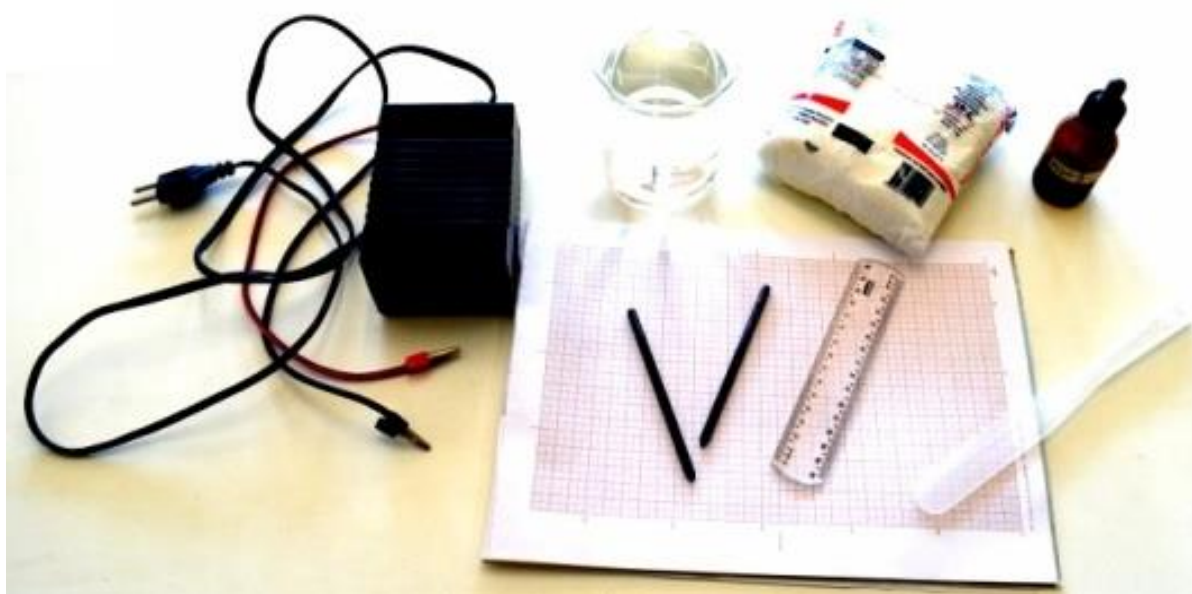
A principal característica apresentada pelos estudantes quanto ao gráfico $P \times V$, foi em relação à representação de uma curva decrescente, para processos com temperatura constante. Termos como, compressão isotérmica, variação da energia interna, quantidade de calor e trabalho não foram mencionados. Quanto ao ajuste de mínimos quadrados a partir do gráfico de $\log P \times \log V$, obteve-se um resultado satisfatório na construção gráfica, no entanto,

insatisfatório na obtenção do expoente adiabático do ar (γ). Todavia, aos que realizaram o ajuste de mínimos quadrados, obtiveram valores para a e b , porém ao interpretá-los na equação da lei de potência, não conseguiram concluir qual era o valor do expoente adiabático.

Os experimentos 11, 12, 13, 14 e 15 compõem a quarta unidade do caderno didático.

5.2.11 Experimento 11 - Quebrando a auto ionização da água.

Figura 19. Material utilizado no experimento 11.



Fonte: autora.

Questão 11.1 Por que a fenolftaleína não muda de cor tão logo é colocada na salmoura?

Questão 11.2 O que aconteceu com a coloração da salmoura?

Questão 11.3 Como você explica a formação de uma base de Arrhenius a partir da aplicação de uma corrente elétrica na salmoura? Que solução se formou no béquer?

Questão 11.4 Por que, em qualquer processo de produção de alimentos, somente é permitido usar utensílios de plástico (polietileno) ou de aço inoxidável?

Questão 11.5 O cloro visto sobre o eletrodo em contato com o ar pode ser classificado como uma suspensão, emulsão, aerossol, coloide ou solução verdadeira? Justifique a sua resposta.

Uma das formas de verificar o caráter ácido ou básico de uma substância é por meio da solução de fenolftaleína. Solução que reage com outras soluções de caráter básico, formando uma coloração rósea. Neste experimento teve-se por *objetivo* o estudo do processo de eletrólise em solução salina (salmoura), contando com a participação de nove estudantes do curso de Tecnologia em Alimentos da UFSM para a realização do experimento. Os *objetivos de aprendizagem* pretendidos foram o desenvolvimento das competências e habilidades em análise e interpretação dos processos físicos e químicos que ocorrem no processo de eletrólise,

capacidades de periciar e tomar decisões quanto aos procedimentos e dados coletados, articulando os conhecimentos físicos com os conhecimentos químicos.

Nesta atividade foi utilizada uma solução salina de 25%. Quando o sal é dissolvido em água ocorre uma elevação da condutividade elétrica do meio aquoso, através da dissociação iônica. Nesta dissociação iônica, os cátions Na^+ e os ânions Cl^- são liberados na água, melhorando a passagem da corrente elétrica pela solução. Quando submetido a uma corrente contínua, as moléculas da água se desequilibram. Assim, quando aplicado uma corrente elétrica em uma salmoura, ocorre a liberação ou captura de diversos íons pelos eletrodos, sendo que a mobilidade desses íons dependerá da massa atômica dos mesmos. Assim, pela segunda Lei de Newton $F = m.a$, uma força elétrica F dará uma maior aceleração para aquele íon que tiver menor valor de massa atômica.

Na primeira etapa de análise, os estudantes verificaram que a solução formada com água e sal (salmoura), não reage com a solução de fenolftaleína, sendo uma solução de caráter ácido. Entretanto, introduzindo dois eletrodos na salmoura e ligada a uma fonte de 12V, foi observado a formação de bolhas ao redor dos eletrodos, acompanhados por um odor forte de cloro. Na eletrólise da água salgada, ocorre a formação de H_2 , Cl_2 , e NaOH (soda cáustica). Neste processo, ocorre também a formação de hipoclorito de sódio (NaClO), também conhecido como água sanitária, muito utilizado para desinfetar os objetos, assim como, utilizado para lavar os alimentos orgânicos, como frutas e verduras.

Durante a realização deste experimento, observaram-se dificuldades em compreender esse processo, o que exigiu um tempo maior durante a prática guiada, tendo momentos em que foi necessário retornar à primeira etapa (demonstração) para haver uma compreensão do processo. Dessa forma, foram realizadas a demonstração do processo de eletrólise no quadro, a explanação (em voz alta) e a demonstração do percurso dos elétrons quando há a passagem de uma corrente elétrica. Assim, os estudantes puderam ter maior clareza sobre o porquê do cheiro de cloro, da formação de bolhas nos eletrodos e da verificação principal, a mudança de cor da solução quando submetida a algumas gotas da solução de fenolftaleína, ficando com uma coloração rosa.

Quanto à aplicação do processo de eletrólise na produção de alimentos, um dos estudantes descreveu que a soda cáustica tem aplicações no tratamento de resíduos, na fabricação de sabão e na correção do pH de produtos. Quanto à classificação do cloro formado sobre o eletrodo em contato com o ar, 75% dos estudantes responderam ser um aerossol devido à “*suspensão líquida de gotículas em forma de gás*”.

Quando se trata de produção de alimentos, a higienização do ambiente é essencial, evitando-se, assim, a contaminação por meio da proliferação de bactérias e fungos, ou pela liberação de substâncias de um determinado material. Assim, ao questionar os estudantes sobre a utilização de utensílios de plástico (polietileno) ou de aço inoxidável, os mesmos descreveram que estes materiais não provocam reações ou liberam toxinas nos produtos que entram em contato. Assim, esses materiais são aconselháveis para o uso na produção de alimentos, já o mesmo não pode ser dito por materiais feitos de madeira e alumínio.

5.2.12 Experimento 12 - Propriedades da carga elétrica das micelas de caseína.

Figura 20. Material utilizado no experimento 12.



Fonte: autora.

Questão 12.1 O que você observa?

Questão 12.2 Que informações você obtém sobre as cargas elétricas dos filamentos de k-caseína que revestem externamente as micelas de caseína do leite integral?

Este experimento teve como *objetivo* determinar a carga elétrica das micelas de caseína. Os *objetivos de aprendizagem* foram o desenvolvimento das capacidades e habilidades científicas para emitir juízo de valor, interpretar os processos físicos e químicos das propriedades elétricas e relacionar os conceitos com o contexto da produção de alimentos.

O leite normal bovino é composto basicamente por água, gordura e proteínas, formando uma emulsão ou coloide de micelas (glóbulos de gordura e caseína). As micelas são formadas por um aglomerado de moléculas proteicas ligadas entre si por meio de ligações de fosfato de cálcio. A k-caseína, uma proteína que reveste externamente as micelas e entra em contato com o líquido externo ao globo micelar, provoca o surgimento de cargas elétricas na superfície. No

processamento industrial, as micelas são isoladas do soro (fluido a base de água, íons minerais, carboidratos e agregados proteicos) através do procedimento de coagulação. Este procedimento ocorre quando há uma quebra entre as ligações da *k*-caseína e das micelas (micelas de caseína). Dessa forma, ao colocar um capacitor dentro de um Becker contendo leite, pode ser observado (após alguns minutos) a formação de pequenos grumos no eletrodo positivo, demonstrando que as micelas de caseínas apresentam cargas elétricas negativas, para uma faixa de pH normal do leite. A carga dessas micelas é responsável pelo equilíbrio de cálcio ligado a proteína. Maior nível de cálcio, menor nível de carga negativa, conseqüentemente, maiores chances de precipitação, ou seja, de coagulação.

Os experimentos 11, 12 e 13 foram realizados no mesmo dia, sendo entregue um relatório com os três experimentos. Segundo os dizeres dos alunos, a abordagem de três experimentos na mesma aula tornou-se cansativa, tendo muitas informações para serem processadas, refletindo em um déficit no conteúdo do relatório. Inicialmente, pensou-se que era possível realizar as três atividades em um mesmo período, por serem rápidas e tranquilas de se fazer. No entanto, a realidade mostrou o que Gauthier, Bissonnette, Richard (2009, 2014) e Rosenshine e Stevens (1986) já descreveram sobre a necessidade de não sobrecarregar a memória de trabalho dos estudantes, demonstrando a necessidade de trazer os conhecimentos aos poucos, em pequenas etapas seguidas pela prática do aluno.

5.2.13 Experimento 13 - Quebrando a suspensão coloidal no leite bovino.

Figura 21. Material utilizado no experimento 13.



Fonte: autora.

Questão 13.1 Utilize as informações físicas e químicas já discutidas para explicar por que a massa fica com aspecto "emborrachado"?

Questão 13.2 Utilize as informações físicas e químicas já estudadas para explicar como você pegaria três litros de leite recém-ordenhados da vaca para fazer manteiga caseira? E para fazer creme Chantilly?

Questão 13.3 Deixando o leite recém ordenhado em um copo, somente depois de algumas horas, você percebe que a gordura tende a subir para a superfície, e não se precipita no fundo do copo. Usando o modelo das forças que agem sobre uma esfera de aço no viscosímetro de Stokes (experimento 6), para as gotículas de gordura imersas no soro, explique os fatores físicos que possibilitam esse fenômeno.

Questão 12.4 Como funciona um estabilizante artificial e porque ele deve ser adicionado ao leite UHT?

O leite é uma das matérias primas fundamentais para a fabricação de queijos, iogurtes, manteiga, entre outros. Conhecer o processo físico e químico que ocorre durante a fabricação desses produtos visa uma melhoria na qualidade dos mesmos. Para compreender os tipos de processos físicos e químicos e como estes atuam na produção dos alimentos, esta atividade teve como *objetivo experimental* estudar o processo da quebra da suspensão coloidal pela adição de uma enzima que irá remover os “fios moleculares” carregados eletricamente na superfície das micelas de caseína. Como *objetivos de aprendizagem*, esta atividade visou o desenvolvimento de competências e habilidades em manipular substâncias químicas, analisar e explicar o processo físico e químico que ocorre durante a coagulação do leite, reconhecer e avaliar o papel da Química e da Física na produção de derivados de leite, mais especificamente na produção do queijo.

Na atividade experimental anterior, os estudantes verificaram que a carga elétrica do revestimento externo das micelas de caseína apresenta uma carga negativa, internamente a estas micelas, sua composição é principalmente de fosfato de cálcio. Quando o nível de cálcio for aumentado significativamente, a carga elétrica negativa irá diminuir, provocando a separação das micelas e do soro que compõe o leite. Este processo ocorre com a introdução da quimosina, ocasionando a coagulação do leite, formando uma massa composta de gordura, proteínas, cálcio e fósforo e o soro. Portanto, a quimosina é responsável pela quebra das micelas de caseína, por meio da remoção dos "fios moleculares".

Respondendo aos questionamentos, os estudantes revelaram que, no entendimento deles, o aspecto emborrachado da massa obtida após na coagulação é devido aos componentes resultantes da separação da gordura e do soro. Um dos estudantes ainda complementou descrevendo que essa massa era composta não só de gordura, mas também, de proteínas e sais minerais. Outro estudante, porém, descreve que o aspecto emborrachado ocorre quando micelas de caseína passam a serem hidrolisadas pela adição do açúcar, formando a coalhada. Este pensamento confere uma interpretação errônea do estudante sobre o processo.

Com relação à função do estabilizante, todos os estudantes têm em mente que sua principal função é impedir que o produto estragasse, estendendo a vida de prateleira do leite, impedindo que as propriedades físicas sejam modificadas, quando o produto passar por perturbações em seu pH, acidez e sua temperatura. Durante a realização do experimento foi explanado aos estudantes que o leite UHT (leite em caixinha) não é utilizado para a fabricação de queijos por apresentar um tipo de aditivo que impede com que o processo de coagulação do leite seja realizado, sendo este aditivo conhecido como estabilizante. Portanto, a principal função descrita pelo estabilizante, na opinião dos estudantes, é a conservação dos aspectos físicos e químicos do leite. Conforme os dizeres dos estudantes,

“Os estabilizantes usados em alimentos, geralmente são grandes carboidratos que conseguem manter juntas, substâncias menores nos alimentos, no qual preserva várias características do alimento, como a homogeneidade, facilitam a dissolução, aumentam a viscosidade, melhoram a textura e impedem vários danos que poderiam ser causados pelos processos, como no leite UHT, que é processado em altas temperaturas e logo resfriado, ele possui chances enormes de ser prejudicado quanto às suas propriedades, assim o estabilizante atua conservando essas propriedades, mantendo a qualidade do produto” (estudante T.A. 04).

A descrição sobre a funcionalidade do estabilizante revelou uma abordagem além do realizado em sala de aula, o que sugere a realização de uma pesquisa mais aprofundada sobre o assunto. Já outro estudante descreve:

“Os estabilizantes tem por função estabilizar (minimizar a gelificação) ou ainda reduzir a zero a sedimentação da caseína dando uma vida de prateleira mais longa ao produto. Os estabilizantes mais usados são: Citrato de Sódio (TKC), Citrato Tripotássio (TKC) e Fosfato Dissódico (DSP)” (estudante T.A. 06).

Este estudante demonstrou uma capacidade além do superficial sobre a definição do termo, de modo que sua pesquisa trouxe a tona um termo comum às Ciências dos Alimentos, o termo “gelificação”. Um termo que para a área da Física pode ser desconhecido, porém para a área da Química e da Tecnologia em Alimentos é fundamental.

Este novo contexto de abordagem inclui-se principalmente ao conteúdo apresentado nos cadernos didáticos e às questões presentes nos roteiros experimentais, ao invés de focar somente na análise dos processos físicos e químicos que ocorrem na adulteração do leite e na produção do queijo, poderia ser abordado às funções e características físicas e químicas de alguns *aditivos alimentares*³² na produção de alimentos, do qual os estabilizantes fazem parte. Para exemplos

³² Aditivo alimentar é todo e qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos sem o propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. (<http://portal.anvisa.gov.br/>).

de estabilizantes tem-se a caseína e os alginatos (produto utilizado nas atividades experimentais desenvolvidas pelos estudantes da Lebensmittelphysik da Hochschule Osnabrück - Alemanha).

5.2.14 Experimento 14 - Determinação da acidez residual do leite normal.

Figura 22. Material utilizado no experimento 14.



Fonte: autora.

Questão 14.1 Qual seria a escala Dornic correspondente a acidez do leite cru próprio para a industrialização?

Para determinar a acidez do leite, um dos instrumentos que pode ser utilizado é o acidímetro, que faz a leitura em graus Dornic ($^{\circ}\text{D}$). Portanto, para este experimento *objetivou-se* medir e analisar o grau de acidez do leite, fazendo a leitura por meio do acidímetro. Os *objetivos de aprendizagem* foram o desenvolvimento de capacidades para analisar a qualidade do alimento por meio de técnicas físico-químicas e identificar os fatores que contribuem para a baixa qualidade do produto, neste caso, emitindo juízo de valor sobre a qualidade do leite, julgando estar apto ou não ao consumo. Para tanto, colocou-se uma quantidade da amostra (o leite) em um Becker e pingou três gotas da solução de fenolftaleína. Com o acidímetro (contendo uma solução de hidróxido de sódio), foi sendo pingada essa solução na amostra até formar uma coloração rosácea. Ao formar esta coloração, foi interrompido o gotejamento e fez-se a leitura no acidímetro. Segundo as normas da EMBRAPA, o leite bom para o consumo deve apresentar o valor entre 15-18 $^{\circ}\text{D}$, estando fora desse padrão, o mesmo é descartado. O valor encontrado pela turma de Tecnologia em Alimento da UFSM correspondia a 30 $^{\circ}\text{D}$,

concluindo que o leite estava impróprio para o consumo devido ao seu caráter ácido, tendo um pH em torno de 5,6 a 5,8.

No estudo teórico, diferentes formas de adulteração do leite foram apresentadas e com este experimento, pode ser observado um dos métodos possíveis para determinar a qualidade do leite. Para este experimento, foi utilizado o leite cru. Assim, sem passar por qualquer processo de conservação, os estudantes observaram que fatores externos, como a temperatura, umidade, utensílio utilizado para transportar o leite e, possivelmente, as más condições de ordenha, devem ter propiciado para que o leite tivesse uma acidez acima do tolerável pelas normas.

5.2.15 Experimento 15 - Estudo da relação da escala Dornic e pH.

Figura 23. Material utilizado no experimento 15.



Fonte: autora.

Questão 15.1 Analise o gráfico de $\log(\text{pH})$ versus $\log(D)$ e obtenha a equação da reta a partir da análise de um segmento de reta que passe pelos pontos da figura.

Questão 15.2 Poderia usar a regra de três para fazer a relação entre $\log(\text{pH})$ e $\log(D)$? Justifique a sua resposta.

Questão 15.3 Escreva uma fórmula para, a partir da leitura em graus Dornic em um acidímetro comercial com escala de 100°D , obter o pH da amostra de leite analisada.

Questão 15.4 Reescreva sua fórmula obtida na questão 15.3 anterior para obter a concentração de ácido láctico presente na amostra de leite a partir do seu pH.

Em continuidade ao experimento anterior, esta atividade teve por *objetivo* estudar o comportamento gráfico e a relação entre a escala pH e a escala graus Dornic ($^{\circ}\text{D}$). Os *objetivos de aprendizagem* foram o desenvolvimento de competências e habilidades em análise de dados tabelados, em construção e interpretação de gráficos e na capacidade de encontrar uma equação

com relação ao \log (pH) e \log ($^{\circ}$ D) e, ainda, habilidades em manusear o papel Di-log. Para isto, explicou-se a função do papel Di-log, sendo um formato de plotagem em que a escala de divisão das linhas é tal que o efeito é linearizar um gráfico tipo lei de potência sem a necessidade de calcular os logaritmos.

A interpretação e resolução das questões, nesta atividade experimental, foram consideradas bastante complicadas pelos estudantes. Na turma de Tecnologia em Alimentos, somente dois estudantes entregaram a resolução das questões, sendo um destes entregue em formato de relatório e o outro em formato de pergunta e resposta. Com relação ao estudante que entregou em formato de pergunta-resposta, a interpretação feita para encontrar a equação foi correta, porém, incompleta. Seu entendimento quanto à representação de uma simples equação de reta a partir de um gráfico linear foi correta, no entanto, era preciso interpretar os dados pela lei de potência, o que configura em uma representação do tipo $\text{pH} = \beta D^{\alpha}$ e não a relação $\Delta y = m \cdot \Delta x$, como este estudante representou. Portanto, para este estudante foi somente necessário uma breve orientação para desenvolver o seu raciocínio e chegar à resposta correta. Em contrapartida, o outro estudante fez a representação e análise correta da equação. Sua discussão esteve direcionada ao que foi proposto no texto do caderno didático.

Esta atividade engloba os conhecimentos científicos desde a primeira atividade experimental, estabelecendo, neste momento, um conhecimento mais aprofundado e complexo sobre a análise de logaritmos e sobre a Lei de Potência. O adendo para esta atividade foi com relação ao tempo estabelecido para a prática guiada, necessitando um tempo maior e mais procedimentos instrucionais para que o estudante pudesse conectar os novos conhecimentos com os anteriores.

Enfim, o que se concluiu com esta atividade, é que o nível de exigência cognitivo foi elevado para os padrões da turma, principalmente por estarem no primeiro semestre do curso. No entanto, torna-se necessário seu estudo, ao verificar o pouco sucesso obtido na realização da atividade. E o modelo do Ensino Explícito vem justamente auxiliar o aluno no processo, mas principalmente em conduzir o professor nas etapas a serem seguidas e nos andaimes necessários para completar a atividade com sucesso.

E para finalizar esta quarta unidade, teve-se um fato inesperado e que, de certa forma, se tornou surpreendente aos olhos da pesquisadora. No desfecho do relatório das atividades experimentais presentes no caderno didático, um dos estudantes descreveu a essência que esta pesquisa de doutorado buscou objetivar, comprovando resultados promissores com relação a realização desta proposta didática.

As atividades desenvolvidas em sala de aula, sendo elas práticas ou não, nas quais foram passados ensinamentos e técnicas sobre a industrialização, fabricação, beneficiamento, testes e controle de qualidade de derivados lácteos, foram de suma importância perante o nosso início de formação acadêmica qualificada. Tendo em vista que uma das competências do tecnólogo em alimentos é a sua responsabilidade pelas BRF (Boas Práticas de Fabricação) e conseqüentemente o controle de qualidade. Em aula foi possível desenvolver o teste de alizarol e °D, para determinar possíveis fraudes no leite, problema corriqueiro nos dias de hoje, uma vez que o lucro do produtor se dá em centavos por litro, porém há programas de incentivo, que já visam a qualidade do leite, preconizando então a qualidade nutricional. Como são feitas as manteigas, o chantilly e queijo também são pontos importantes que através de experimentos de acidez, suspensão coloidal, propriedades de carga elétrica das micelas de caseína foram debatidos e demonstrados na prática o porquê e como ocorre. Sendo assim, os experimentos que envolveram a água e o leite, foram os que mais interligaram os conhecimentos físicos, químicos e da indústria de alimentos, que já nos dá uma base para seguir no curso sabendo os princípios básicos da física e da química (estudante T.A. 06).

5.2.16 Experimento16 - A parte visual do espectro eletromagnético³³.

Figura 24. Material utilizado no experimento 16.



Fonte: autora.

Questão 16.1 Como você interpreta a luz amarelada produzida por uma lâmpada incandescente, ou o próprio sol, em termos desse modelo de onda mostrado nessa figura?

Questão 16.2 Calcule a temperatura de cor do filamento de tungstênio para a lâmpada usada nesse experimento, usando o modelo matemático da radiação de corpo negro.

Compondo a quinta unidade do caderno didático, o *objetivo deste experimento* foi verificar a decomposição da luz visível nos componentes espectrais de cores, utilizando uma lâmpada de tungstênio e um prisma. Os *objetivos de aprendizagem* foram o desenvolvimento das capacidades e habilidades de: interpretar e explicar a decomposição do espectro eletromagnético; compreender a relação entre cor, comprimento de onda e frequência;

³³O texto e as questões do roteiro deste experimento foram retirados da dissertação de LOPES (2017, p.140).

relacionar os conhecimentos de Óptica e avaliar os processos físicos, químicos e tecnológicos presentes na produção de alimentos.

Na indústria de alimentos, a óptica se faz presente, desde a seleção e classificação de diferentes matérias-primas, até processos de controle de microrganismos e descontaminação de materiais e embalagens. Na agricultura, muitos dos equipamentos utilizados nas lavouras contêm tecnologias que são capazes de avaliar o estado nutricional de uma planta que pode ter sido afetada pela falta de absorção de nutrientes, modificando a pigmentação e a coloração das folhas e o volume das plantas. Portanto, equipamentos de espectroscopia³⁴ e cromatografia³⁵, possibilitam a verificação das características fisiológicas dos alimentos utilizando ondas eletromagnéticas para fazer diversas verificações quanto à cor e textura. Como em muitas indústrias de alimentos, a produção é realizada em larga escala, muitos alimentos não podem ser analisados manualmente, com isto, a ciência e a tecnologia trouxeram vantagens para o setor e para o profissional.

Sendo que cada cor do espectro representa um comprimento de onda característico e uma frequência a partir deste experimento os estudantes passaram a compreender como a luz visível é decomposta em componentes espectrais de cores. Com uma lâmpada de tungstênio e o auxílio de redes de difração e um espectrômetro, foi possível observar a decomposição da luz nas diferentes cores do espectro visível. Ao realizar o experimento, os estudantes estavam vislumbrados com o que estavam observando. Utilizando a rede de difração visualizaram não só o espectro de cores próximo da lâmpada, mas em torno da sala de aula. Questionados quanto à relação do comprimento de onda e a frequência, inicialmente obteve-se poucas respostas. No decorrer da prática guiada, os estudantes foram compreendendo que a cor que o olho humano é capaz de observar tem características espectrais específicas. O menor comprimento de onda, descreve uma maior frequência que, conseqüentemente, apresenta maior energia. Nos relatórios, um dos estudantes relacionou o experimento com a decomposição da luz no arco íris, explicitando a formação das cores por meio da reflexão da luz solar nas gotas de água presentes na atmosfera. Com a orientação da professora-pesquisador, ao responderem as questões, alguns estudantes conseguiram compreender a relação da emissão de fótons através da excitação dos elétrons da camada de valência, representado pelo modelo de Bohr.

³⁴ Métodos que utilizam as interações físico-químicas entre radiação eletromagnética e moléculas ou átomos, em que apenas comprimentos de onda específicos são importantes (CAMPBELL-PLATT, 2015).

³⁵ Método utilizado para a separação dos componentes de uma mistura utilizando afinidades dos diferentes componentes em uma fase estacionária (sólida ou líquida) ou em uma fase móvel (líquida ou gasosa). (CAMPBELL-PLATT, 2015)

5.2.17 Experimento 17 - O espectro de ionização de gases em tubo de Geissler³⁶.

Figura 25. Material utilizado no experimento 17.



Fonte: autora.

Questão 17.1 O que você pode dizer sobre os espectros observados na descarga do hidrogênio?

Questão 17.2 Como o espectro do hidrogênio se compara com o espectro da luz branca da lâmpada incandescente?

Questão 17.3 Como você explica essas diferenças em termos da absorção de energia elétrica pelos cátions produzidos pela passagem da corrente elétrica? Lembre que o cátion do hidrogênio é um simples próton livre.

Questão 17.4 Você já ouviu falar do modelo atômico de Bohr? Como ele pode ser usado para explicar a natureza da diferença de cores entre as linhas espectrais observadas.

Questão 17.5 Como são produzidas as linhas H_α e H_β pelo hidrogênio quando sofre uma descarga elétrica a baixa pressão? Pense no modelo atômico de Bohr que foi feito exclusivamente para esse átomo.

Questão 17.6 Explique, com suas palavras, como se dá a formação do espectro que foi observado para o hidrogênio neste experimento a partir da aplicação da energia elétrica no tubo.

O objetivo do experimento foi o estudo sobre as características espectrais da luz produzida pelos átomos que compõe as substâncias químicas, ao passar uma voltagem elétrica sobre os vapores metálicos no vácuo ou em gases rarefeitos. Os objetivos de aprendizagem se detiveram no desenvolvimento de competências e habilidades de pensamento crítico, de interpretação, em relacionar o fenômeno do espectro de luz com o espectro de emissão contínua e emissão discreta através da lâmpada de hidrogênio. Para segurança dos estudantes, a lâmpada

³⁶ O texto e as questões deste experimento foram retirados da dissertação de LOPES (2017, p.143).

de hidrogênio foi colocada dentro de um suporte isolado (caixa preta), evitando-se, assim, qualquer dano durante o manuseio do equipamento.

Em uma lâmpada de hidrogênio, quando seus elétrons são excitados, ocorre a absorção e emissão de energia em forma de fóton. Essa emissão ocorre em níveis característicos e bem definidos, não podendo a lâmpada de hidrogênio emitir uma luz que não seja a sua. A energia eletrônica que o hidrogênio emite corresponde a um comprimento de onda na faixa dos 410 nm e uma frequência de $7,3 \times 10^{14}$ Hz, sendo, portanto, uma energia em torno da luz violeta.

Pelos relatórios recebidos dos estudantes observou-se que a turma teve uma boa compreensão entre a relação das linhas de emissão discreta e contínua. A olho nu, os estudantes descreveram que visualizaram uma coloração rosa-violeta, não apresentando outras cores na extensão luminosa. Portanto, ao utilizarem uma rede de difração, foram observadas linhas de emissão específicas, sendo linhas discretas nas cores azul e vermelha.

5.2.18 Experimento 18 - Dependência do índice de refração e comprimento de onda

Figura 26. Material utilizado no experimento 18.



Fonte: autora.

Questão 18.1 Usando a caneta laser vermelha, preencha a tabela e determine o índice de refração da água nesse comprimento de onda com a análise gráfica. Use quatro casas decimais em seus cálculos.

Questão 18.2 Usando a caneta laser violeta repita o método experimental da questão anterior e preencha a tabela. Faça o gráfico sobre o mesmo papel milimetrado dos pontos experimentais acima e determine o índice de refração da água nesse novo comprimento de onda com a análise gráfica. Novamente, use quatro casas decimais em seus cálculos.

Esta atividade experimental teve por *objetivo*, verificar e interpretar a Lei de Snell, por meio da dependência do índice de refração da água com o comprimento de onda. Os *objetivos*

de aprendizagem foram com relação ao desenvolvimento de capacidades e habilidades de medição, de análise e extração de dados, de construção gráfica e em compreender a relação do comprimento de onda e o índice de refração.

Compreende-se que o índice de refração pode ser representado pela equação $n=c/v$. Dessa forma, a luz incidente apresenta um comprimento de onda (λ) e a velocidade da luz pode ser calculada pela equação $v = \lambda \cdot f$, sendo f é a frequência. A partir desta análise, observa-se que o índice de refração é proporcional à frequência do comprimento da onda e, conseqüentemente, podemos dizer que a velocidade da onda é inversamente proporcional à frequência. Desse modo, considerando as canetas laser vermelha e violeta (utilizadas no experimento), com comprimentos de onda $\lambda=656\text{nm}$ e $\lambda=410\text{nm}$, respectivamente, tem-se que a velocidade de propagação da luz da caneta laser vermelha é maior que a velocidade da luz da caneta laser violeta. Esta era uma das observações a ser feita pelos estudantes, porém a maioria não conseguiu verificar essa relação, sem o auxílio da professora-pesquisadora. Suas observações foram guiadas por meio da análise e interpretação dos gráficos plotados pelos estudantes.

Utilizando a equação da Lei de Snell, os estudantes calcularam o índice de refração da água (n_2), de acordo com o desvio observado. A dificuldade maior encontrada por eles esteve em marcar com exatidão o ponto no anteparo com o papel milimetrado. Os valores calculados pelos estudantes para o índice de refração da água foi superior ao valor normal (sendo de 1,33). Um grupo de estudantes encontrou valores do índice de refração da água de 4,03 utilizando a caneta laser vermelha e de 3,62 utilizando as canetas laser violeta. Outro grupo obteve valores para o índice de refração da água de 2,48 para a luz da caneta laser vermelha e de 2,84 para a caneta laser violeta. Este segundo grupo, obteve valores mais próximos do real, em comparação com o primeiro grupo. Em suas justificativas quanto ao número elevado encontrado relacionaram a dificuldade de encontrar o ponto exato em que o feixe de luz atingia o anteparo, interferindo no resultado final. E, ainda, por se tratar de comprimentos de onda muito pequenos, qualquer variação poderia causar uma alteração no resultado final, sem considerar que a água utilizada, foi água da torneira, podendo conter elementos que causam interferência na refração da luz. Quanto à aplicação de métodos de análise do índice de refração e comprimento de onda na área de alimentos, alguns estudantes descreveram sua importância na análise da procedência do produto, nas embalagens e na análise de resíduos e demais componentes presentes nos alimentos industrializados, bem como a análise da água e de resíduos presentes nela.

5.2.19 Experimento 19 – Refratômetro portátil no controle de qualidade de alimento

Figura 27. Material utilizado no experimento 19.



Fonte: autora.

Questão 19.1 Prepare soluções de sacarose até 35% em passos de 5% usando 100 mL de água comum da torneira. Leia a graduação em °Bx para cada medida e preencha a tabela acima. Faça o gráfico da graduação Brix versus concentração da solução C(%) em um papel milimetrado.

Questão 19.2 Prepare salmouras com concentrações até 35% em passos de 5% usando 100 mL de água comum da torneira. Leia a graduação em °Bx para cada medida e termine de completar a tabela. Faça o gráfico da graduação Brix versus concentração da solução C(%) em um papel milimetrado, usando o mesmo papel dos pontos dispostos da atividade acima.

Questão 19.3 Compare os dois gráficos para verificar o comportamento dos dados coletados. Escreva a sua explicação pessoal para esse fenômeno.

Na produção de alimentos, a verificação do índice de refração dos produtos é um dos métodos utilizados para verificar a qualidade do alimento. No experimento anterior, foi apresentado uma das formas de analisar o índice de refração, através da análise de comprimentos de onda e frequência. Neste experimento o objetivo foi estabelecer uma relação entre concentrações de salmoura e concentrações de sacarose em soluções com o grau Brix (°Bx) correspondentes. Para isto, utilizou-se como instrumento de medida um refratômetro portátil com escalas graduadas em graus Brix. Os *objetivos de aprendizagem* foram o desenvolvimento de competências e habilidades em: em compreender, calcular e explicar relações de proporcionalidade, em avaliar a qualidade do alimento por meio da técnica de refração, em manusear um refratômetro portátil e interpretar seus dados.

O refratômetro emprega um prisma de precisão montado internamente e uma fonte de luz amarela natural como à luz solar difusa para seu correto funcionamento. Assim, através das lentes desse instrumento, pode-se ter uma escala em densidade e concentração, em unidades de

medidas próprias para soluções glicosadas, sendo suas medidas em graus Brix (que é o teor de sólidos solúveis presente no produto). Na indústria de alimentos, esse método de análise é muito utilizado para estudar o teor de sólidos solúveis presentes em cervejas, vinhos, polpas de frutas, geleias, refrigerantes, mel, entre outros. Portanto, os graus Brix indicam a quantidade de sólidos solúveis dissolvidas no produto.

O instrumento utilizado neste experimento foi um refratômetro portátil, calibrado para soluções de sacarose. No entanto, além da análise da concentração de açúcar, foi realizada a análise de concentração de sal com o mesmo instrumento, de modo que os estudantes poderiam analisar graficamente o comportamento, das duas soluções. Quanto à aplicabilidade desse instrumento e experimento na área da Tecnologia em Alimentos, os estudantes relataram sua importância para a análise dos alimentos, de modo a determinar a qualidade de sucos, laticínios, doces de leite, observando a concentração de açúcar nestes produtos, de modo a avaliar se o produto apresenta alguma adulteração, estando inapto para a comercialização. Uma observação realizada por um dos estudantes foi a facilidade de manusear e sua portabilidade durante a análise dos dados

Na análise gráfica, as observações dos estudantes quanto ao comportamento dos dois gráficos foram referentes à proximidade nos valores obtidos para a solução de sacarose e solução salina, sendo que o gráfico desta apresentava uma leve inclinação, não sendo linear. Uma das justificativas para este fato foi com relação à obtenção dos dados para a água salgada. Os estudantes descrevem que o refratômetro usado, tem sua calibração referente ao açúcar, ou seja, não estando calibrado para substâncias salgadas. Para obter dados verdadeiros, era necessário fazer as medições da refração da água salgada, com um aparelho que esteja calibrado para esta condição.

Portanto, esta se tornou a última das 19 atividades experimentais desenvolvidas pela turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM. Atividades que buscaram sistematizar o processo de ensino de Física e Química, para que o discente desenvolvesse habilidades e capacidades científicas fundamentais para o exercício de sua profissão. Compreendendo os métodos físicos e químicos que podem ser utilizados para o controle e análise da qualidade do produto.

Enfim, as atividades experimentais foram desenvolvidas buscando atender as principais funções do ensino: modelagem, prática guiada e prática independente (ROSENSHINE e STEVENS, 1986), agindo de forma a dizer, mostrar e guiar o processo de ensino e aprendizagem, conforme Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) descrevem como ações previstas em uma estratégia pedagógica. Dizer no sentido de explicitar os objetivos e apresentar os conceitos de Física e Química, principalmente no momento do estudo teórico, mas não se

detendo a ele. Mostrar os conceitos e os passos necessários para compreender e internalizar os conhecimentos, fazendo a demonstração e a resolução de problemas, quando estas forem necessárias. E, por fim, guiar o aluno durante as atividades experimentais, esclarecendo os objetivos de aprendizagem e os objetivos dos experimentos, a fim de que eles (os discentes) se envolvessem ativamente nas atividades.

5.3 PÓS-TESTE: AVALIAÇÕES BIMESTRAIS

Durante o semestre foram realizadas quatro avaliações (Apêndice D) com o intuito de investigar o nível de aprendizagem dos alunos e os conhecimentos científicos que foram aprendidos por eles. Portanto, essas avaliações foram consideradas como um pós-teste, onde se abordou a resolução de problemas, interpretação e análise gráfica, interpretação conceitual, aplicação do conhecimento científico na produção de alimentos, cálculos matemáticos e análise de textos científicos. Em algumas avaliações, optou-se por questões de múltipla escolha, sendo que a resolução deveria constar no papel. Esta foi a fase em que foi verificado as compreensões e o desempenho dos alunos, por meio dos efeitos causados pela proposta didática. Assim como, foi o momento em que os alunos exercem a terceira etapa da instrução descrita por Rosenshine e Stevens (1986) como prática independente, ou segundo Gauthier, Bissonnette e Richard (2014), este foi o momento da consolidação dos conhecimentos aprendidos ao longo do processo de ensino e aprendizagem, sem o auxílio do docente.

As questões apresentadas nas quatro avaliações foram baseadas nas questões dos experimentos e no texto dos cadernos didáticos, sempre visando o contexto da produção de alimentos, exceto a primeira avaliação, que teve um direcionamento para questões científicas em amplo aspecto. Dito isto, o resultados obtido quanto à resolução de problemas com situações do cotidiano do tecnólogo em alimentos, como, por exemplo, avaliar o controle e a qualidade do produto, correspondeu positivamente no desempenho dos estudantes. Em dados numéricos, obtiveram-se uma média da turma para as quatro avaliações, conforme apresentado no quadro.

Quadro 40. Média das notas da turma de Tecnologia em Alimentos nas avaliações.

Pós-testes	Média de nota obtida	Conteúdo abordado
<i>Avaliação I</i>	4,11	Eletricidade
<i>Avaliação II</i>	4,77	Fluidos I e II
<i>Avaliação III</i>	3,81	Termodinâmica
<i>Avaliação IV</i>	7,60	Ondas eletromagnéticas

Fonte: autora.

Quanto às médias obtidas nas quatro avaliações, duas observações são feitas. Primeiramente, o melhor resultado alcançado durante o período de aplicação da proposta didática foi ao final do semestre. A média da turma na quarta avaliação foi superior ao valor mínimo exigido para aprovação (sendo este 7,0). O conteúdo abordado foi referente às Ondas Eletromagnéticas, sendo um conteúdo em que os estudantes demonstraram pouco conhecimento, quando responderam o primeiro questionário. Quanto ao nível de conhecimento em Termodinâmica suas dificuldades se concentraram, principalmente, na análise gráfica, sendo um conteúdo que aborda bastante esse tipo de análise. Esta mesma dificuldade foi encontrada nas questões da primeira e segunda avaliação. Como resultado, observa-se que esta área de capacidade cognitiva necessita ser mais estimulada.

Ainda, com relação à média apresentada no quadro 40, demonstra um nível de desempenho de 5,07 com relação aos conhecimentos de Física e de Química. Comparando esse valor com o obtido no pré-teste (questionário 1), sendo este de 3,95, observa-se um crescimento em relação aos conhecimentos científicos.

De modo geral, avaliando o aprendizado da turma, esta apresentou uma melhora na capacidade em reconhecer, analisar e aplicar os conhecimentos científicos aprendidos com os conhecimentos aplicados na profissão.

5.4 AS COMPETENCIAS E HABILIDADES SEGUNDO OS NÍVEIS DE DOMÍNIO COGNITIVO, AFETIVO E PSICOMOTOR.

Utilizando a Taxonomia de Bloom para a verificação dos níveis de competência e habilidades desenvolvidas pela turma de Tecnologia de Alimentos da UFSM, obtiveram-se os resultados descritos no quadro 41. Os valores correspondem aos seguintes dizeres (já foram pontuados no capítulo da metodologia), sendo:

Valor 0 - Não atingiu o nível.

Valor 1 - Baixo nível de capacidade e habilidade.

Valor 2 - Nível mediano de capacidade e habilidade.

Valor 3 - Alto nível de capacidade e habilidade.

Quadro 41. Grau de competências e habilidades adquiridas pela turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM segundo os três domínios da Taxonomia de Bloom.

Domínio Cognitivo		Domínio Afetivo		Domínio Psicomotor	
				<i>Percepção</i>	3
<i>Conhecimento</i>	3			<i>Conjunto</i>	3
<i>Compreensão</i>	2	<i>Acolhimento</i>	3	<i>Resposta Orientada</i>	2
<i>Aplicação</i>	2	<i>Resposta</i>	2	<i>Mecanismo</i>	3
<i>Análise</i>	2	<i>Valorização</i>	2	<i>Complexo</i>	1
<i>Síntese</i>	1	<i>Organização</i>	2	<i>Adaptação</i>	2
<i>Avaliação</i>	2	<i>Caracterização</i>	2	<i>Original</i>	1

Fonte: autora.

Cada nível corresponde a uma capacidade ou habilidade que a turma desenvolveu ao longo do processo de ensino e aprendizagem. No quadro acima pode ser verificado que todos os níveis dos domínios foram alcançados pela turma até o final do semestre. No entanto, alguns níveis foram atingidos com maior intensidade e outros em menor intensidade. Os resultados descritos no quadro 41 foram obtidos através de uma extensa análise de todo o material, desenvolvido pelos estudantes durante a implementação da proposta.

A utilização da taxonomia como forma de análise do desempenho dos alunos, demonstrou ser um material muito útil para acompanhar o desenvolvimento dos estudantes no decorrer do semestre. Assim, obtendo uma avaliação final quanto ao desempenho da turma foi possível verificar os níveis em que os estudantes tiveram melhores resultados, estando de acordo com Bloom et al (1983, p.09), quando estes referem-se a avaliação como uma forma de “coleta sistemática de dados a fim de verificar se de fato certas mudanças estão ocorrendo no aprendiz, bem como verificar a quantidade ou o grau de mudança ocorrido em cada aluno”. Esta forma de avaliação tem um significado diferente da avaliação apresentada no item anterior (item 5.3).

Com relação à complexidade de cada nível, este dependeu do grau de dificuldade do nível atingido. Isto sugere que a dificuldade em alcançar determinado nível, vai ficando maior à medida que for subindo os degraus. Krathwohl (2002), Ferraz e Belhot, (2010) e Oliveira, Pontes e Marques (2016), retratam muito bem a questão da sistematização dessa construção em níveis, partindo-se de objetivos simples para comportamentos, atitudes e habilidades intelectuais, afetivas e psicomotoras mais complexas. Portanto, Bloom et al (1974) descreveram que os níveis obedecem uma ordem, não sendo possível pular e nem retornar um nível.

Analisando dessa forma, verificou-se certa semelhança entre a Taxonomia de Bloom e o Ensino Explícito, em que ambos manifestam uma hierarquização quanto ao ensino, partindo

dos conhecimentos e habilidades simples (básicas) para estudos mais complexos (abstratos). A partir disto, constatou-se que a Taxonomia de Bloom é um meio estruturante eficaz para planejar o ensino, fornecendo a base para o desenvolvimento e aprendizagem dos conceitos, das capacidades e habilidades científicas.

Dentre os três domínios, as capacidades e habilidades presentes no domínio cognitivo tiveram maior destaque na análise do desempenho dos estudantes, como era de se esperar, visto que os objetivos de aprendizagem propostos representaram maior relevância aos comportamentos e atitudes cognitivas dos estudantes. No entanto, esta não descarta a presença dos demais domínios, ao passo que os domínios cognitivo, afetivo e psicomotor estão inter-relacionados.

Como já têm sido discutidos ao longo deste trabalho, os sujeitos aprendizes apresentam maior disposição para aprender quando estes são motivados e uma boa maneira de verificar esta motivação e aceitação dos estudantes, assim como, de trabalhar a motivação foi por meio dos níveis do domínio afetivo. Assim, verificando que a proposta foi bem acolhida pela turma e que ela (a turma) respondeu positivamente a proposta, realizando as atividades e os relatórios, pode-se afirmar que a proposta teve um significado para os estudantes, proporcionando um caráter mais valorativo a sua formação acadêmica.

Por fim, quando uma estratégia de ensino faz uso de atividades experimentais, torna-se possível verificar o desenvolvimento dos estudantes quanto às habilidades em manusear equipamentos, assim como, em coordenar e manipular os instrumentos e substâncias presentes na aula por meio da análise dos níveis do domínio psicomotor.

5.5 AS OBSERVAÇÕES SOBRE O ENSINO E APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DA DISCIPLINA “FÍSICA DOS ALIMENTOS” NA HOCHSCHULE OSNABRÜCK

A disciplina de Física dos Alimentos foi dividida em teoria e prática. O material didático das aulas práticas, as listas de exercício, o material de estudo teórico foram todos disponibilizados no portal OSCA da instituição. A seguir estão descritas as observações realizadas nas aulas teóricas e práticas da disciplina.

5.5.1 O estudo teórico da disciplina Física dos Alimentos da Hochschule Osnabrück.

Todas as aulas teóricas foram apresentadas por meio da projeção do material em uma tela branca. Utilizando slides para expor o conteúdo e um retroprojetor para fazer a resolução

dos exercícios. A aula iniciava com o resumo da sequência de conteúdo, conforme mostrado no quadro 42, seguido por uma revisão do conteúdo ensinado anteriormente e com a apresentação na íntegra do conteúdo novo.

Quadro 42. Relação dos conteúdos estudados na disciplina Lebensmittelphysik, na Hochschule Osnabrück.

Aula	Assunto	Dia
1	Mecânica – Análise dos resultados das medições	26.09.2019
2	Mecânica: Translação – Diferencial	10.10.2019
3	Mecânica: Rotação – Vibrações	17.10.2019
4	Densidade, Interfaces	07.11.2019
5	Atividade da água: BET, GAB - Isotérmica	14.11.2019
6	Sistemas dispersos: distribuição de partículas.	21.11.2019
7	Viscosidade, Fluido Newtoniano	28.11.2019
8	Fluido não-newtoniano, Viscoelasticidade	05.12.2019
9	Textura	12.12.2019
10	Propriedades Ópticas	19.12.2019
11	Parâmetros térmicos, calor específico.	02.01.2020
12	Revisão	09.01.2020

Fonte: FIGURA (2019, tradução minha).

Durante as explicações, o professor dialogava com os alunos, resolvendo os exercícios em voz alta, solicitando a participação dos estudantes. Em seguida os estudantes resolviam um exercício, porém sem o auxílio inicial do professor. Ao final da aula, o professor fazia uma síntese sobre o que foi estudado e, ainda, apresentava o tema da aula seguinte.

No decorrer das aulas, foram sendo observadas certas semelhanças do método de ensino do professor com o modelo do Ensino Explícito. Os comportamentos, procedimentos e atitudes do professor quanto à sistematização da aula, foram as seguintes:

- O professor iniciava a aula uma revisão do conteúdo estudado na aula anterior.
- O professor apresentava o tópico e objetivo de aprendizagem da aula.
- Apresenta o novo conteúdo de forma clara.
- O professor resolve o exercício passo a passo.
- Um segundo exercício é resolvido pelo aluno, sendo acompanhado pelo professor.
- Finaliza a aula fazendo alguns comentários sobre a aula.
- Introduz o tema que será abordado na próxima aula.

A estrutura observada nessas aulas teóricas demonstrou um conjunto de ações realizadas por meio do “*dizer, mostrar e guiar*”, assim como foi destacado por Gauthier, Bissonnette e Richard (2014, p.64). Ações que percorrem as formas simples para as mais complexas de

ensino, iniciando com a exposição do conteúdo (sendo este o dizer), demonstrando situações e problemas que possam ser enfrentados durante o percurso, de modo que expliquem todo o processo (sendo a demonstração da resolução de exercícios, que também se refere ao mostrar) e, por fim, o professor dá maior abertura para a participação dos alunos, questionando os alunos e auxiliando-os na resolução de exercícios (referindo-se ao guiar).

Além dessas atitudes, o que também se notou foi o papel que o professor representou ao longo deste processo de ensino e aprendizagem. Suas preocupações estiveram focadas na apresentação das informações aos poucos, acompanhando o desenvolvimento dos estudantes ao longo do ensino. No decorrer das aulas, as etapas “modelagem, prática guiada e prática independente” (ROSENSHINE, STEVENS, 1986), foram ficando cada vez mais evidente no decorrer das aulas. O que, no entanto, foi complementada com a prática no laboratório, demonstrando que as duas primeiras etapas (modelagem e prática guiada) se mostraram presentes com maior ênfase, nas aulas teóricas.

Em resumo, as observações realizadas nas aulas teóricas apresentaram indícios de uma estratégia de ensino com uma base de ensino bem estruturada e explícita. Os procedimentos instrucionais foram apresentados de forma clara e concisa, contando com a participação dos estudantes durante o processo.

5.5.2 A prática da disciplina de Física dos Alimentos da Hochschule Osnabrück.

Durante as aulas práticas, pode ser observada com grande nitidez a segunda etapa descrita por Rosenshine e Stevens (1986), sendo esta a prática guiada. As atividades experimentais foram realizadas em pequenos grupos de estudantes sob a supervisão do engenheiro de laboratório ou de um estagiário ou da professora-pesquisadora. O material didático, contendo os roteiros experimentais, foi disponibilizado com antecedência no portal OSCA, permitindo aos estudantes o acesso e a leitura prévia do texto, de modo a se inteirarem dos procedimentos experimentais.

Os estudantes realizavam as atividades, obtinham os dados, calculavam os resultados e, então, redigiam o relatório. Nos relatórios deveriam constar os resultados com o valor da média e, ainda, o grau de incerteza da medição. Para a avaliação do relatório foi observado a sua estrutura, seu conteúdo, os resultados e as discussões referentes aos experimentos.

Durante a prática de laboratório, eram realizados os Colóquios, em que os grupos de estudantes se dirigiam, em grupos separados, até a sala do professor. Neste Colóquio, o professor questionava os alunos sobre determinados conceitos, esquemas, representações e

procedimentos presentes nos roteiros dos experimentos, fornecendo-lhes as explicações necessárias sobre o tema e corrigindo as concepções errôneas que os estudantes apresentavam. Este foi o momento em que o professor pode verificar o desenvolvimento e desempenho de cada um dos estudantes, corrigindo os erros de conceituação e interpretação, para que os estudantes tenham bons argumentos e conhecimentos científicos ao redigirem os relatórios.

De acordo com as atitudes e comportamento dos estudantes, o Colóquio foi considerado um método que produz bons frutos no desempenho acadêmico durante o processo de ensino e aprendizagem. Por meio do Colóquio podem ser observados as compreensões dos estudantes, podendo fornecer *feedback* mais pontuais quanto aos assuntos abordados em aula, assim como, permite um diálogo e participação mais ativa do estudante. Segundo as observações realizadas, o Colóquio pode desenvolver e aprimorar as capacidades e habilidades dos estudantes, como por exemplo, as capacidades de comunicação, argumentação, tomada de decisão, raciocínio, criatividade, análise e interpretação gráfica, capacidades de perceber, identificar, esclarecer e descrever padrões de relação entre os conceitos científicos e o contexto profissional, como também, habilidades no uso de uma linguagem científica e em reconhecer o papel da Física no ramo de alimentos.

Assim, nesta atividade prática, os estudantes da Hochschule Osnabrück puderam observar e determinar de diferentes formas a viscosidade de amostras de alimentos líquidos, compreendendo as características dos fluidos newtonianos e fluidos não newtonianos. As dificuldades observadas, no geral, foram semelhantes às observadas na turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM, porém em menor grau de dificuldade. Dificuldades quanto à conversão das unidades de medidas e a substituição dos valores quando necessitava mais de uma equação para calcular diferentes valores. No entanto, houve uma participação bem assídua dos estudantes da Hochschule Osnabrück durante a realização dos experimentos, apresentando um bom desempenho em trabalho em grupo.

A entrega dos relatórios ocorria sempre na semana seguinte da realização da atividade, sendo que em dois momentos durante o semestre a aula prática era destinada ao *feedback* dos relatórios, recebendo um parecer dos relatórios.

5.5.2.1 Fluidos, Viscosidade e Comportamento do Fluxo: do que se tratam esses experimentos?

A atividade experimental denominada “Fluidos, viscosidade e comportamento do fluxo”, correspondeu ao estudo das características dos alimentos líquidos, por meio de quatro experimentos. Seus objetivos foram à obtenção e análise da função do fluxo (escoamento),

como uma forma de verificar a qualidade do alimento. Como o material disponibilizado pelo professor aos alunos não pode ser apresentado na íntegra, devido a questões éticas, são apresentados os procedimentos experimentais de acordo com as observações e relatos da professora-pesquisadora. Dessa forma, para a realização dos experimentos, foram utilizados os alimentos líquidos: ketchup, creme de baunilha, molho de cebola e solução de Alginato. Os instrumentos (aparelhos) utilizados foram: o Viscosímetro de Esfera, o Consistômetro de Bostwick, o Viscosímetro de rotação e o Reômetro Rotativo.

No *experimento do Viscosímetro de Esfera*, os materiais utilizados foram: soluções de diferentes concentrações de Alginato, proveta, esferas, balança digital, régua, caneta de tinta removível, cronômetro, picnômetro e micrômetro. O procedimento deste experimento foi semelhante ao realizado na turma de Tecnologia de Alimentos da UFSM. O objetivo principal neste experimento foi determinar a viscosidade dinâmica da solução e comparar com a literatura. Portanto, os procedimentos foram: preparar a solução de Alginato a 0,25%, preencher a proveta com a solução, fazer duas marcações como ponto de início e fim da marcação do tempo, calcular a velocidade de queda da esfera. Realizando três medidas, foram calculadas as médias e, por fim, o valor da viscosidade. Uma das primeiras constatações dos estudantes foi em relação ao tempo e velocidade de queda, sendo que quanto mais viscoso a substância for, menor será a velocidade de queda e maior será o tempo que levará para chegar à posição final. Para o cálculo da viscosidade, os estudantes tiveram que calcular a densidade da solução de Alginato e da esfera.

O *experimento do Consistômetro de Bostwick* teve como objetivo, analisar o caminho do fluxo da amostra de alimento. Assim, tomando as medidas cabíveis para equilibrar o consistômetro, foram feitas as anotações da posição do escoamento da amostra no consistômetro. Os valores da distância foram coletados a cada 30 segundos em um intervalo de dois minutos e meio. A partir desses dados, foi construído o gráfico (*distância x tempo*), descrevendo suas observações e análises. Em linhas gerais, os estudantes tiveram que observar a relação da viscosidade da amostra com a velocidade de fluidez da mesma.

O terceiro experimento, *Viscosímetro de Rotação*, teve como função medir o valor do torque necessário para que o eixo (spindle) superasse a resistência da viscosidade da amostra e tornasse sua velocidade novamente constante. A velocidade de rotação depende da viscosidade do fluido, sendo que a resistência ao movimento muda de acordo com a velocidade ou ao tamanho do eixo. Assim, neste experimento foram observados os dois comportamentos com relação às propriedades reológicas, alterando as velocidades de rotação e os eixos, de modo a

obter o melhor resultado de análise. Na análise, deveriam ser discutidas as propriedades das amostras, descrevendo o grupo de fluidos ao qual pertence.

O objetivo do experimento com o *Reômetro de Rotação* foi analisar a viscosidade em função da taxa de cisalhamento e da tensão de cisalhamento. Portanto, os valores são apresentados no equipamento de acordo com o valor da frequência de rotação do cilindro imerso na amostra. Para a análise, a tensão de cisalhamento foi calculada a partir do torque, por meio dos valores da viscosidade e da taxa de cisalhamento. Dessa forma, os estudantes tiveram que determinar a função de fluxo e a viscosidade de acordo com: a curva de viscosidade plotando no gráfico a viscosidade em função da taxa de cisalhamento; a função fluxo plotando os valores da tensão de cisalhamento sobre a taxa de cisalhamento; determinar o tipo de fluido das amostras; descrever suas conclusões referentes à viscosidade quando submetida a uma tensão e como este conhecimento é essencial para a prática profissional.

Dos quatro experimentos, os estudantes apresentaram maior dificuldade em compreender o processo envolvido no experimento 3, devido à complexidade na análise e julgamento dos valores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste estudo foram abordados o processo de ensino e aprendizagem de Ciências e a formação científica de acadêmicos de Tecnologia em Alimentos da UFSM. A base da discussão foi a utilização do método do Ensino Explícito para elaborar, implementar e avaliar uma estratégia de ensino de Física e Química que assegurasse o desenvolvimento de competências e habilidades científicas, pelo sujeito, em sua área de atuação profissional. Sobretudo, tornando-o um profissional capacitado para atuar na promoção da Ciência e da Tecnologia em Alimentos, sempre vislumbrando a qualidade do produto. Portanto, uma das verificações neste estudo foi com relação às contribuições do Ensino Explícito como uma estratégia de ensino de nível acadêmico, utilizando a experimentação como ferramenta de ensino, para articular os conhecimentos científicos com a produção de alimentos.

Para a fase da elaboração da estratégia didática de ensino foram realizadas pesquisas nos principais periódicos da área de ensino de Ciências (Física e Química), buscando por trabalhos que continham em suas pesquisas os assuntos: competências e habilidades científicas, Ensino Explícito e o ensino de Ciências relacionado às Ciências dos Alimentos. Esta investigação ocorreu com a análise dos trabalhos científicos publicados no período de 2007 a 2017, culminando no levantamento e análise de 143 publicações em 16 periódicos da área. Desta investigação, obteve-se 108 artigos relacionados às competências e habilidades, onde o interesse maior dos pesquisadores foi analisar as capacidades e habilidades de tomada de decisão, de interpretação e resolução de problemas, de argumentação, comunicação e de pensamento crítico. Quanto aos trabalhos abordando a produção de alimentos, estes foram encontrados em 31 publicações, contendo como principais assuntos: alfabetização científica, educação ambiental sustentável e o uso de agrotóxicos. Com respeito ao Ensino Explícito, foram encontrados somente quatro artigos, retratando o papel do professor, seus saberes e as formas de um ensino por argumentação no ensino de Ciências. Durante as investigações foi observado que em muitos artigos, os pesquisadores haviam utilizado atividades experimentais como ferramenta de ensino, o que de fato demonstrou ser uma excelente forma de articular os conhecimentos científicos com a prática profissional.

Assim, alicerçada ao modelo P I C (preparação, interação, consolidação) de Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) e guiada pelas etapas da demonstração, prática guiada e prática independente de Rosenshine e Stevens (1986), a estratégia didática ajustou os tópicos da disciplina de *Física para Tecnólogo em Alimentos - A*, para uma perspectiva mais prática e explícita dos conceitos de Física e de Química no contexto profissional. Dessa forma, a proposta

estruturou-se da seguinte forma: iniciou-se com a preparação do conteúdo e objetivos de aprendizagem para o estudo teórico (constituindo a fase da demonstração), seguido pela interação do professor-aluno-conteúdo, através do estudo prático com as atividades experimentais e resolução de exercícios (prática guiada), finalizando com a consolidação dos aprendizados por meio da escrita dos relatórios e pelos testes avaliativos ao final de cada unidade de conteúdo (prática independente).

O momento da preparação e da interação contou com um instrumento de investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes quanto aos conteúdos de Física e Química e sua relação com a prática na produção de alimentos, assim como, o *feedback* dos estudantes em relação a esta estratégia didática de ensino. Este instrumento, denominado de questionário, mostrou ser uma importante ferramenta de pesquisa e de coleta de dados. No total foram aplicados três questionários na turma de Tecnologia em Alimentos da UFSM. Estes questionários trouxeram à tona a necessidade de uma maior reflexão e ação docente sobre o modo como o processo de ensino de Física e de Química está acontecendo na formação acadêmica e profissional das mais diversas áreas de ensino. Uma das considerações obtidas foi com relação à desmotivação e o pouco interesse na aprendizagem dessas duas disciplinas pela dificuldade de compreendê-las e por não haver uma correlação com a prática profissional desses sujeitos.

O primeiro questionário possibilitou um prognóstico quanto ao nível de conhecimento e concepções que os estudantes apresentaram com relação aos conceitos de Física e de Química ao ingressarem no Ensino Superior, obtendo um nível bem abaixo da média, correspondendo a 3,95 (em uma escala de 0 a 10). Este questionário também possibilitou investigar as principais dificuldades, dos estudantes, na aprendizagem desses conceitos. Os destaques corresponderam as suas capacidades em interpretar e resolver problemas com um número elevado de equações e de informações e, a inabilidade de perceber e conectar os conceitos científicos na sua área de atuação profissional, principalmente quando se refere aos conceitos de Mecânica Quântica.

Não obstante, teve-se um segundo questionário de Talim (2004) que demonstrou atitudes favoráveis dos estudantes quanto aos seus interesses e atitudes de aprender Física. Dessa forma, apesar do baixo nível de compreensão dos conceitos científicos e de suas dificuldades de aprendizagem relatadas no primeiro questionário, os estudantes demonstraram uma atitude positiva em relação à Física, obtendo um valor de 93.98, sendo um valor bem acima do escore apresentado por Talim (2004) no valor de 84 (número mínimo demarcado para efeitos de atitudes positivas).

E, por fim, dando voz aos estudantes para declararem suas opiniões, com relação à estratégia de ensino implementada, um terceiro questionário foi aplicado, trazendo importantes reflexões sobre a influência positiva que *feedbacks* constantes, entre o professor e os alunos, podem proporcionar na prática de ensino do professor e no processo de aprendizagem do aluno. Um dos resultados obtidos com esse *feedback* dos estudantes foi a necessidade de haver mais resolução de exercícios e revisão em sala de aula, melhorando a prática guiada para que possam desenvolver a superaprendizagem.

Partindo da ideia de elaborar uma proposta didática estruturada, clara e explícita, com ênfase no estudo prático, foram elaborados cinco cadernos didáticos exclusivos, com exceção das atividades 16 e 17 (que foram adaptadas para a produção de alimentos). Nestes cadernos didáticos, foram incluídos os roteiros de 19 atividades experimentais, também de própria autoria (com exceção dos experimentos 16 e 17, que foram adaptados). Os principais conteúdos que compuseram os cadernos foram: Fundamentos de Eletricidade, Fluidos, Termodinâmica, Óptica Geométrica, conceito e aplicação do pH e Reações Químicas. Portanto, esses cadernos didáticos são os produtos que resultaram deste trabalho de doutorado, servindo como um material de apoio para professores e alunos da área de Ciência e Tecnologia em Alimentos.

Para esta proposta didática de ensino, os cadernos didáticos serviram de guia para as aulas teóricas e práticas, contendo todos os conhecimentos e procedimentos necessários ao bom desempenho dos acadêmicos durante seu processo de aprendizagem. Para isto, o material foi entregue sempre com antecedência, a fim de que os estudantes realizassem a leitura prévia deste material, se preparando para as aulas. No entanto, esta leitura prévia ocorreu esporadicamente por alguns estudantes, o que gerou a necessidade de elaborar uma forma de motivar a leitura do material desde o início do processo de aprendizagem e não somente antes das avaliações. Esta estratégia foi encontrada durante a pesquisa feita na Universidade de Ciências Aplicadas – Hochschule Osnabrück, na Alemanha. Esta estratégia, denominada *Colóquio*, demonstrou o potencial que instigou os estudantes germânicos a realizarem uma leitura prévia do material, antes de iniciar as atividades laboratoriais. No entanto, tendo a pesquisa sido realizada no último semestre de doutorado, esta estratégia não pode ser aplicada na prática desta proposta de ensino. Porém, o Colóquio ficará como um desdobramento deste trabalho para pesquisas futuras.

A experiência na Universidade de Ciências Aplicadas – Hochschule Osnabrück trouxe importantes contribuições para este trabalho. Proporcionou um olhar mais crítico e reflexivo sobre o processo de ensino e aprendizagem de Ciências, a partir do papel do professor e da prática do ensino de Ciências no desempenho dos estudantes. A pesquisa aconteceu no período de setembro de 2019 a janeiro de 2020 na disciplina *Lebensmittelphysik*, onde aconteceram as

observações do método e das estratégias de ensino utilizados pelo professor da disciplina. Além disso, as observações ocorreram em dois ambientes de estudo: em uma sala normal de estudos teóricos, com Datashow, quadro, mesas e cadeiras e, em um laboratório de Tecnologia em Alimentos, totalmente equipado.

O destaque nesta pesquisa foi o método de ensino utilizado pelo professor nas aulas práticas de laboratório, em que além de realizarem as atividades experimentais em pequenos grupos, intercalando as atividades em cada aula, os estudantes realizavam o Colóquio, representando o momento da interação e prática guiada do professor e seus alunos. A forma como o Colóquio foi estruturado e integrado nas aulas práticas, demonstrou com nitidez alguns dos procedimentos instrucionais (andaimes) definidos por Rosenshine e Stevens (1986), sendo estes: a revisão do conteúdo, a abordagem do material em pequenas etapas e com limite de informações para não sobrecarregar a memória de trabalho do aluno, os questionamentos e diálogos constantes para verificar o entendimento dos alunos, a orientação dos alunos ao começarem a praticar, o fornecimento de *feedback* e correções sistemáticas e o preparo dos alunos para a prática independente. Portanto, para que as aulas práticas fossem realizadas com o máximo de participação do aluno e com um bom desempenho, foi necessária a preparação dos alunos para a prática, sendo realizada por meio da leitura prévia do material.

Na fase da aplicação da proposta foi observado um elemento que se mostrou perspicaz ao processo de ensino e aprendizagem, sendo este o “momento de escuta”. Este processo de ouvir o que o aluno tem a dizer, não somente como respostas dos conteúdos aprendidos, mas o que pensam, percebem e descrevem o seu envolvimento no desenvolvimento nas atividades, trouxe um clima favorável no processo de aprendizagem desses sujeitos. Tal afirmativa foi demarcada pela otimização do ato de reflexão docente, da percepção e recepção dos estudantes sobre a proposta, mas principalmente, pela demonstração de interesse da professora-pesquisadora pela aprendizagem da turma, demonstrando que se importa com eles, com seus aprendizados e que são partes essenciais desse processo. Portanto, na medida em que os estudantes foram estimulados a realizarem as atividades, recebendo as orientações adequadas durante o processo, maiores foram as demonstrações de interesse e motivação em aprender, resultando em um processo mútuo de envolvimento e crescimento.

No momento da consolidação dos conhecimentos científicos pelos estudantes de Tecnologia em Alimentos da UFSM, dois fatos se destacaram. Uma com relação à terceira avaliação de Termodinâmica e, a outra, com relação à quarta avaliação sobre Ondas Eletromagnéticas. Segundo as médias obtidas pela turma e o conteúdo presente, as dificuldades em análise gráfica ainda perduraram, revelando a necessidade de aprofundar mais neste tópico,

investindo mais tempo à demonstração e à prática guiada, antes dos estudantes realizarem a prática independente. Este fato foi constatado principalmente com a terceira avaliação, que continha grande número de questões sobre análise gráfica. A média da turma foi de 3.81, a mais baixa de todas as avaliações. O segundo fato que se observou, especialmente na quarta avaliação, foi a melhora no desempenho dos estudantes quando a prática independente do estudante foi direcionada para situações cotidianas da profissão do tecnólogo em alimentos, valorizando especialmente a prática desenvolvida com as atividades experimentais. A média obtida nesta quarta avaliação foi de 7.60, sendo superior as demais. Isto corrobora com Gauthier, Bissonnette e Richard (2014) ao descreverem que a prática independente dos estudantes deve estar em sintonia com o conteúdo abordado durante as atividades em aula.

Na fase da avaliação da proposta didática foi realizada uma análise crítica quanto aos aspectos positivos e negativos que as atividades presentes na proposta apresentaram. O principal ponto que demonstrou ser favorável ao processo de ensino e aprendizagem foram as aulas práticas com experimentos abordando situações do contexto profissional do produtor de alimentos, o que gerou maior interesse e motivação por parte dos estudantes em estudar os conceitos da Física e da Química. Os experimentos também permitiram maior clareza e maior conexão dos conceitos científicos com a prática profissional. Além disso, as atividades experimentais proporcionaram um momento mais ativo e participativo dos estudantes, contribuindo para o desenvolvendo de capacidades e habilidades, dando ênfase para a interpretação e resolução de problemas do cotidiano profissional do tecnólogo em alimentos, habilidades psicomotoras para manusear os equipamentos, capacidades de comunicação oral e escrita, de pensar e tomar decisões, habilidades de se relacionar com seus colegas e trabalhar em equipe. Enfim, no geral, foram práticas formativas que desencadearam um amplo desenvolvimento do acadêmico em três áreas (o cognitivo, o afetivo e o psicomotor), sendo representadas pelos três domínios da Taxonomia de Bloom, cujos níveis apresentados em cada domínio foram muito úteis neste trabalho, compreendendo um instrumento favorável para, além de avaliar o desempenho dos acadêmicos, também, de estruturar os objetivos de aprendizagem na estratégia didática de ensino.

No entanto, um dos pontos menos favoráveis na implementação da proposta, foi com relação ao número de experimentos realizados em uma aula, demonstrando que a quantidade de experimentos pode afetar sim o desempenho dos estudantes, principalmente pela sobrecarga de informações que recebem durante esse processo. Este fato provou o que o Ensino Explícito vem defendendo ao longo dos anos com relação a expor os alunos a uma sobrecarga de informações em um curto período de tempo, limitando o processamento e a função memorial.

Em síntese, a proposta trouxe resultados positivos e satisfatórios quanto à implementação de atividades experimentais estruturadas com referência do Ensino Explícito, mostrando o efeito positivo causado no desempenho acadêmico, científico e profissional do estudante. Revelou ser uma estratégia que propicia o desenvolvimento de capacidades e habilidades científicas, sendo essenciais para a formação do sujeito. Este trabalho contribuiu para o desenvolvimento de um material rico em informações e conhecimentos científicos a respeito do processo formativo de acadêmicos de Tecnologia em Alimentos da UFSM, possibilitando inúmeras informações e resultados para publicações, sendo o primeiro resultado deles a publicação do artigo “Uma proposta sequencial de atividades didáticas experimentais em Óptica para estudantes de Tecnologia em Alimentos” (PAULI e LÜDKE, 2019). Com relação à pesquisa realizada na Alemanha, esta trouxe como grande contribuição para o estudo, o Colóquio. Um método que proporciona constantes feedbacks e revisões, permitindo um acompanhamento mais de perto do desenvolvimento e desempenho dos estudantes, demonstrando ser um método que contempla muito bem as etapas de um ensino estruturado, direto e explícito, conforme o modelo do Ensino Explícito. Portanto, este modelo de Colóquio será o desdobramento para pesquisas futuras, como uma estratégia de prática formativa para acadêmicos de diferentes áreas científicas.

7. REFERÊNCIAS

ANTUNES, C. **Novas maneiras de ensinar, novas formas de aprender**. Porto Alegre: Artmed, 2002, 172p.

APPY, F. **Barak Rosenshine, o "pai" do Ensino Explícito**. Form@PEX, 2018. Disponível em: <<http://www.formapex.com/barak-rosenshine/1182-barak-rosenshine-le-pere-de-lenseignement-explicite>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ARAÚJO, M. S. T. ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 25, n. 2, jun. 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **In: Carvalho, A. M. P. (Org). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2004.

BALDOINO, E. F. Ensinar e Aprender na Educação Superior: Possibilidades de Uma Prática Progressista. (p. 25-34). **UNOPAR Cient., Ciênc. Human. Educ.** Londrina, v. 13, n. 2. 2012.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70, ed. revisada e atualizada, 2009, 281p.

BISCHOFF et al. **Perfil da Alemanha**. (Trad.: Maria José de Almeida-Müller e José Assis de Mendonca). Frankfurt am Main, Alemanha, 2018. Disponível em: https://www.tatsachen-ueber-deutschland.de/files/2020-11/tatsachen_2018_por.pdf >. Acesso em: 20 jan. 2020.

BLOOM, B. S. et al. **Taxionomia de objetivos educacionais: domínio cognitivo**. (Trad. Flávia Maria Ant'Anna). Porto Alegre: Globo, 1974, 180p.

BLOOM, B. S.; HASTINGS, J. T.; MADAUS, G. F. **Manual de avaliação formativa e somativa do aprendizado escolar**. Livraria Pioneira, Editora São Paulo, 1983.

BLOOM, B. S.; KRATHWOHL, D. R.; MASIA, B. B. **Taxionomia de objetivos educacionais: domínio afetivo**. (Trad. Jurema A. Cunha). Porto Alegre: Globo, 1974, 204p.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 2: p. 194-223, ago. 2007. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/1087/843> >. Acesso em: 13 ago. 2018.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais no Nível de Tecnólogo**. PARECER CNE/CP Nº 29/2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/cp29.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

BRASIL. **Normas básicas sobre alimentos**. DECRETO-LEI Nº 986, DE 21 DE OUTUBRO DE 1969. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0986.html > Acesso em: 14 fev. 2018.

BRASIL, Decreto n.º 72.718, de 29 de agosto de 1973. **Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos.** Regulamenta o artigo 59, do Decreto-lei n.º 986, de 21 de outubro de 1969. Diário Oficial da União, Seção 1 de 30 de agosto de 1973. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-72718-29-agosto-1973-421113-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 14 fev. 2018.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. (p. 291-313). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 03, jan. 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>>. Acesso em 17 jun. 2019.

CAMPBELL-PLATT, G. (trad. Sueli Rodrigues Coelho e Soraya Imon de Oliveira). **Ciência e tecnologia de alimentos.** Barueri, SP: Manole, 2015.

CARVALHO, A. M. P de, et al. **Ensino de Física.** São Paulo: Cengage Learning, 2010. 158p.

CARELLE, A. C.; CÂNDIDO, C. C. **Tecnologia dos alimentos: principais etapas da cadeia produtiva.** São Paulo: Érica, ed.1, 2015, 144p.

CFQ. **Código de ética dos profissionais de Química.** RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 257, OUT 2014. Disponível em: <<https://cfq.org.br/wp-content/uploads/2018/12/Resolu%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-257-de-29-de-outubro-de-2014.pdf>>. Acesso em: 4 de fev. 2019.

CFQ. **Código de ética dos profissionais de Química.** RESOLUÇÃO ORDINÁRIA N° 927, 1970. Disponível em: <<http://cfq.org.br/codigo-etica/codigo-de-etica-teste-01/>>. Acesso em: 4 de fev. 2019.

CHRISTOPHE, M.; ELACQUA, G.; MARTINEZ, M.; OLIVEIRA, J. B. A. **Educação baseada em evidências: como saber o que funciona em educação.** Brasília: Instituto Alfa e Beto, 2015. Disponível em: <https://www.alfaebeto.org.br/wp-content/uploads/2015/11/Instituto-Alfa-e-Beto_EBE_2015.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2020.

CRATO, N. Melhorar o Ensino da Matemática com Ferramentas do Século XXI. (p.134-182). **In: OLIVEIRA, J. B. A.(Org.) Profissão professor: O que funciona em sala de aula.** Brasília-DF: JM Associados - Instituto Alfa e Beto, 2009.

DAHER, A. F. B.; MACHADO, V. M.; GARCIA, J. S. Atividades Experimentais de ensino de Ciências: o que expõe o banco de dissertações e teses da CAPES. **In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC Águas de Lindóia, SP, 2015.** Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1180-1.PDF>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos.** São Paulo: Cortez, 2007.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. e colaboradores. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens.** Porto Alegre: Artmed, 2 ed, 2010, 432p.

EMBRAPA. Agricultura movida pela Ciência. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agricultura-movida-a-ciencia>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA. **Visão 2014-2034**: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. — Brasília, DF: Embrapa, 2014. 194 p.

EMENTA da disciplina de Física para as Ciências Rurais. UFSM. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/agronomia/images/disciplinas/departamento_de_fisica/FSC1064%20Fisica%20para%20Cincias%20Rurais.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2018.

EMENTA da Disciplina de física para Tecnólogos em Alimentos-A. UFSM. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/tecalimentos/images/Disciplinas_2017/FSC_1115_-_FISICA_PARA_TECNOL%C3%93GOS_EM_ALIMENTOS_-_A.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2018.

EURYDICE. Visão Geral da Alemanha. European Comission. 2019. Disponível em: <https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/germany_en>. Acesso em: 30 jan. 2020.

FAGUNDES, S. M. K. Experimentação nas aulas de Ciências: um meio para a formação da autonomia? **In**: GALIAZZI, Maria do Carmo. Construção curricular em Rede na Educação em Ciências: uma proposta de pesquisa na sala de aula. Ijuí: UNIJUÍ, 2007, 403p.

FIERGS. Panorama Econômico do Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em: <http://www.fiergs.org.br/sites/default/files/Panorama_Econ%C3%B4mico_2014.pdf>. Acesso em 02 fev. 2018.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: princípios e prática. (Trad. Julio Alberto Nitzke et al). Porto Alegre: Artmed, 4 ed., 2019.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos educacionais. **Gest. Prod.**; São Carlos-SP, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/gp/v17n2/a15v17n2.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2018.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: Uma abordagem Investigativa Contextualizada. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101-106, mai. 2010. Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2018.

FIGURA, L. **Lebensmittelphysik**. Analyse von Messergebnissen. 2019. 35 slides. Material apresuntado para a disciplina de Lebensmittelphysik. Hochschule Osnabrück. Alemanha.

FIGURA, L. O. **Lebensmittelphysik**: Physikalische Kenngrößen - Messung und Anwendung. Berlin: Springer, 2004, 444p.

FONSECA, W.; SOARES, J. A. A experimentação no ensino de ciências: relação teoria e prática. **In**: Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor Paraná: PDE., v. 1, 2016.

FORÇA, A. C.; LABURÚ, L. C.; SILVA, O. H. M. Atividades experimentais no ensino de Física: Teoria e Práticas. **In:** Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas: ABRAPEC, 2011. Disponível em: <<http://loos.prof.ufsc.br/files/2016/03/ATIVIDADES-EXPERIMENTAIS-NO-ENSINO-DE-F%C3%8DSICA-TEORIA-E-PR%C3%81TICAS.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

GAUTHIER, C. Fator professor, ensino explícito e formação dos professores. **In:** XVII ENDIPE Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, 2014a. Disponível em: <<http://www.uece.br/endipec2014/ebooks/livro4/2.%20FATOR%20PROFESSOR,%20ENSINO%20EXPL%C3%8DCITO.pdf>>. Acesso em 14 ago. 2019.

GAUTHIER, C. Ensino Explícito: aspectos teóricos e práticos. **In:** XVII ENDIPE Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, 2014b. Disponível em: <<http://www.uece.br/endipec2014/ebooks/livro4/28.%20A%20Did%C3%A1tica%20e%20a%20Pr%C3%A1tica%20de%20Ensino%20nas%20Rela%C3%A7%C3%B5es%20entre%20a%20Escola,%20a%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20de%20Professores%20e%20a%20Sociedade.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

GAUTHIER, C.; BISSONNETTE, S.; RICHARD, M. **Ensino Explícito e desempenho dos alunos:** a gestão dos aprendizados. (Trad. Stephania Matousek). Petrópolis-RJ: Vozes, 2014, 336p.

GAUTHIER, C.; BISSONNETTE, S.; RICHARD, M. Sucesso acadêmico e reformas educativas. ResearchGate, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/238773325_SUCESSO_ACADEMICO_E_REFORMAS_EDUCATIVAS>. Acesso em: 10 fev. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 4 e., 2002, 176p.

GIL, A.; C. **Metodologia do ensino superior.** São Paulo : Atlas, 4 ed., 2011.

GIL, A. C. **Didática do Ensino Superior.** São Paulo: Atlas, 1 ed., 2012, 283p.

Gil, A. C. **Didática do ensino superior.** São Paulo : Atlas, 2 ed., 2018. 264 p.

GOETHE INSTITUT BRASILIEN. O sistema de ensino superior na Alemanha. 2020. Disponível em: <<https://www.goethe.de/ins/br/pt/spr/pqe/osi.html>> Acesso em: 16 mar. 2020.

GONÇALVES, A.F.(Org.) **Metodologia do ensino de ciência.** Porto Alegre: SAGAH, 2016.

GONÇALVES, F. P. **A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de química.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de PósGraduação em Educação Científica e Tecnológica. - Florianópolis, SC, 2009, 234 f.

HATTIE, J. (tradução: Luís Fernando Marques Dorvillé). **Aprendizagem visível para professores:** como maximizar o impacto da aprendizagem. Porto Alegre: Penso, 2017.

HATTIE, J. A. C. **A synthesis of 800 meta-analyses relating to achievement.** New York: Routledge. 2009, 378p.

HATTIE, J. A. C. **Influences on Student Learning**. University of Auckland. Disponível em: <<https://cdn.auckland.ac.nz/assets/education/about/research/documents/influences-on-student-learning.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista**, n.44, p.75-92, 2012.

HOCHSCHULE OSNABRÜCK. UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, 2020. Disponível em: <<https://www.hs-osnabrueck.de/de/forschung/recherche/laboreinrichtungen-und-versuchsbetriebe/labor-fuer-lebensmittelphysik-lebensmitteltechnik/>>. Acesso em: 07 jan. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>>. Acesso em: 30 jan. 2020.

KRATHWOHL, D. R. **A Revision of Bloom's Taxonomy**: Na Overview. Ohio-USA: THEORY INTO PRACTICE. v. 41, n. 4, 2002.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de Física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/515/312>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

LACERDA, J. S.; LEITE, T. S. Consumo de alimentos irradiados: desafios de credibilidade e confiança. Instituto Adolfo Lutz. 2016. Disponível em: <https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_16_LACERDA_J%C3%A9ssica_Silva.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2018.

LEME, I. S. Aquisição e explicitação do conhecimento no ensino superior. **Temas em Psicologia**, vol. 15, n.1, p.105-113, 2007. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/tp/v15n1/11.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

LOPES, R. O. **A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas**. 2017. 153p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2017.

LUCKESI, C. **Avaliação da aprendizagem escolar**. São Paulo: Cortez, 18 ed., 2006, 180p.

MAGRI, C. **Planejamento educacional no ensino superior**. São Paulo, SP : Cengage Learning, 2016.

MALHEIRO, J. M. S. Atividades experimentais no ensino de ciências: limites e possibilidades. **ACTIO: Docência em Ciências**. Curitiba, v. 1, n. 1, p. 108-127, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/4796/3150>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

MARTINE, G.; LEITE, F. A. A importância e os problemas da experimentação no ensino de ciências. In: XII Encontro de Investigação na Escola, v. 3, especial, p. 966-972, 2016. Disponível em:

<<http://coral.ufsm.br/revistaccne/index.php/ccnext/article/viewFile/1117/840>>. Acesso em: 14 abr. 2019.

MASETTO, M. T. **Competência pedagógica do professor universitário**. 2 ed., São Paulo: Summus, 2012, 207p.

MIRANDA, G. J.; CASA NOVA, S. P. C.; LEAL, E. A. **Revolucionando a docência universitária**: orientações, experiências e teorias para a prática docente em negócios. São Paulo: Atlas, 1 ed., 2018.

MORAES, J. U. P.; JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no Ensino de Física com foco na Aprendizagem Significativa. **In**: Lat. Am. J. Phys. Educ., v. 9, n. 2, p. 2504.1-2504.5, 2015. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID69/v4_n3_a2014.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2018.

MÜLLER, J. M.; SANTOS, R. L.; BRIGIDO, R. V. Produção de Alginato por Microrganismos. **Polímeros**, vol. 21, nº 4, p. 305-310, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/po/v21n4/aop_0761.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2020.

NESPOLO, C. R. et al. **Práticas em tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2015, 205p.

NOGUEIRA, A. L. F. S. **Uma adaptação curricular de física para ciências rurais**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Belo Horizonte-MG, 2008, 89p.

NOGUEIRA, A. L. F. de S.; DICKMAN, A. G. Ensino de Física a estudantes de Agronomia: contextualizando aulas práticas. **In**: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória-ES, 2009. Disponível em: <http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/snef/_ensinodefisicaaestudante.trabalho.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2017.

OCDE. Organização para Economia Cooperação e Desenvolvimento – Alemanha. 2019a. Disponível em: <<http://www.oecdbetterlifeindex.org/pt/paises/germany-pt/>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

OCDE. Organização para Economia Cooperação e Desenvolvimento – Brasil. 2019b. Disponível em: <<http://www.oecdbetterlifeindex.org/pt/paises/brazil-pt/>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

OLIVEIRA, A. P. S. B.; PONTES, J. N. A.; MARQUES, M. A. O Uso da Taxonomia de Bloom no Contexto da Avaliação por Competência. **Pleiade**, v. 10, n. 20, p. 12-22, 2016. Disponível em: <<https://pleiade.uni america.br/index.php/pleiade/article/view/306/423>>. Acesso em: 12 set. 2017.

OLIVEIRA, J. B. A. **Profissão Professor**: O que funciona em sala de aula. Instituto Alfa e Beto. Brasília: JM Associados, 2009.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**. Canoas, v. 12, n. 1, p. 139-

153, 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/31/28>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

ORNELLAS, C. B. D. et al. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v. 26, n. 1, jan./mar. 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28872.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

OVANDO, M. M.; CUDMANI, L. C. Primeiros resultados de uma experiência piloto sobre enseñanza de la física em carreras de ingeniería agronómica. **In: Investigación em Ensino de Ciências**, v.9, n.3, p. 223-242, 2004. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/527/322>>. Acesso em 07 jun. 2017.

PAULI, A. M. **Física e o Futebol no Ensino Fundamental**. 2015. 178 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2015.

PAULI, A. M.; LÜDKE, E. Uma proposta sequencial de atividades didáticas experimentais em Óptica para estudantes em Tecnologia de Alimentos. **Revista Vivências**, v.15, n.29, 2019. Disponível em: <<http://revistas.uri.br/index.php/vivencias/article/view/55>>. Acesso em 10 dez. 2019.

PEREIRA, B. B. Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. **Cadernos da FUCAMP**, v. 9, n. 11, 2010. Disponível em: <<http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/cadernos/article/view/176/170>>. Acesso em: 13 mai. 2018.

PERRENOUD, F. (Trad. Bruno Charles Magne). **Construir competências desde a escola**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999, 93p.

PERRENOUD, P. et al. **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002, 176p.

PINTO, S. M.; MOREIRA, I. dos S. Formas de uso da radiação para a conservação dos alimentos: uma abordagem bibliográfica. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**. v. 14, n. 2p. 131-137, 2018. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/biofarm/article/view/3735/2452>>. Acesso em: 12 mai. 2018.

PICHETH, S.; CASSANDRE, M.; THIOLENT, M. **Analisando a pesquisa-ação à luz dos princípios intervencionistas: um olhar comparativo**. Educação, Porto Alegre, v. 39, n. especial, p. s3-s13, 2016.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **Aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Artmed, 5 ed., 2009, 296p.

PREUSSLER, V. V.; CONSTA, C. D. S.; MÄHLMANN, C. M. A importância da experimentação no ensino de Física. **In: Seminário Institucional do PIBID UNISC**, v. 1, 2017. Disponível em:

<https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/pibid_unisc/article/view/17861/4715>.

Acesso em: 17 jun. 2018.

RAMOS, L. B. da C.; ROSA, P. R. da S. O ensino de Ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n. 3, 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID197/v13_n3_a2008.pdf>. Acessado em: 10 mar. 2018.

RAMOS, L. da S.; ANTUNES, F.; SILVA, L. H. de A. Concepções de professores de Ciências sobre o ensino de Ciências. **Revista da SBEnBio**, n. 03, 2010. Disponível em: <https://sbenbio.org.br/wp-content/uploads/edicoes/revista_sbenbio_n3/B056.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2018.

REBELLO, J. F. L.; MIYAHARA, R. Y.; SANTOS, E. M. dos. Aulas de Física para Agronomia: Relato de experiência. In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, 2014. Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/anais2014/anais2014/artigos/ensino-de-fisica/01409610095.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

REGO, R. A. VIALTA, A.; MADI, L. **Alimentos Industrializados**: a importância para a sociedade brasileira. Campinas: ITAL, 1 ed., 2018.

ROSENSHINE, B. Principles of Instruction: Research-Based Strategies that all teachers should know. In: Form@pex, 2012. Disponível em: <<http://www.formapex.com/telechargementpublic/rosenshine2012a.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ROSENSHINE, B. Principles of instruction. In: International Academy of Education. In: Form@pex, 2010. Disponível em: <<http://www.formapex.com/telechargementpublic/rosenshine2010a.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ROSENSHINE, B. Five Meanings of Direct Instruction. USA: Center of Innovation & Improvement, 2008. Disponível em: <<http://www.formapex.com/barak-rosenshine/197-five-meanings-of-direct-instruction>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ROSENSHINE, B. Systematic Instruction. In: Form@pex, 2007. Disponível em: <<http://www.formapex.com/barak-rosenshine/115-systematic-instruction>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ROSENSHINE, B.; MEISTER, C. The use of Scaffolds for Teaching Higher-Level Cognitive Strategies. In: Form@pex, 1992. Disponível em: <<http://www.formapex.com/barak-rosenshine/1208-the-use-of-scaffolds-for-teaching-higher-level-cognitive-strategies>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ROSENSHINE, STEVENS, 1986. Teaching Functions. In: Form@pex, 1986. Disponível em: <<http://www.formapex.com/barak-rosenshine/112-teaching-functions>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SANTINI, N. D.; TERRAZZAN, E. A. Ensino de Física com equipamentos agrícolas numa escola agrotécnica. **In:** Experiências em Ensino de Ciências, v. 1, n. 2, p. 50-61, 2006. <Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID24/pdf/2006_1_2_24.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2017.

SANTOS, S. C. O processo de ensino-aprendizagem e a relação professor-aluno: aplicação dos “Sete princípios para a boa prática na educação de ensino superior”. **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v.8, n.1, p. 69-82, 2001. Disponível em: <http://www.sinprodf.org.br/wp-content/uploads/2012/01/tx_5_proc_ens_aprend.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.

SANTOS E. S.; et al. A importância do Ensino de Física para o curso de Agronomia da UFC Cariri. **In:** 3º Encontro Universitário da UFC no Cariri, Juazeiro do Norte/CE, 2011. Disponível em: <<https://encontros.ufca.edu.br/index.php/encontros-universitarios/eu-2011/paper/viewFile/78/20>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. (Trad. Daysi Vaz de Moraes). **Metodologia da pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 5 ed., 2013, 624p.

SILVA, A. O.; REIS, M. Elaboração de experimentos didáticos de Física integrados ao ensino técnico de agropecuária da EAFSC. **In:** II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa- PB: 2007. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/1086/1/Elabora%C3%A7%C3%A3oDeExperimentos.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

SILVA, A. L. F.; ROZA, C. R. Uso da irradiação em alimentos: revisão. **In:** Boletim CEPPA, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 49-56, 2010. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/17897/11712>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

SILVA, K. D. et al. Conhecimento e atitudes sobre alimentos irradiados de nutricionistas que atuam na docência. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v. 30, n. 3, p. 645-651, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cta/v30n3/v30n3a12.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

SILVA, L. H. de A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de Ciências. (p. 120-153). **In:** SCHNETZLER, R. O.; ARAGÃO, R. M. D de (Org.). Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens. Campinas: UNIMEP, 2000.

SOUZA, R. A. **Processos de aprendizagem e desenvolvimento de competências**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

SOUZA, F. L. et al. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: Cetec Capacitações, 2013. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4919613/mod_resource/content/1/GEPEQ_atividades%20experimentais%20investigativas.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2018.

STUDY IN GERMANY. **Campo de estudo**. 2020. Disponível em: <<https://www.study-in-germany.de/en/plan-your-studies/fields-of-study/>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

TALIM, S. L. A atitude no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 313-324, 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6422/5938>>. Acesso em: 20 de mar. 2017.

TEIXEIRA, E. M. et al. **Produção agroindustrial**: noções de processos, tecnologias de fabricação de alimentos de origem animal e vegetal e gestão industrial. São Paulo: Érica, ed.1, 2015, 136p.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 18ª ed., 2011, 136p.

THOMAS, K. Learning Taxonomies in the Cognitive, Affective and Psychomotor Domains. **Rocky Mountain Alchemy**. 2004. Disponível em: <<http://www.rockymountainalchemy.com/whitePapers/rma-wp-learning-taxonomies.pdf>>. Acesso em: 03 de mar. 2018.

THIESEN, J. da S.; A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbedu/v13n39/10.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Projeto Político Pedagógico do Curso de Tecnologia em Alimentos**. Santa Maria-RS, 2009. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/tecnologia-em-alimentos/projeto-pedagogico>>. Acesso em 14 fev. 2017.

VIEIRA, R. P. et al. Irradiação de alimentos: uma revisão bibliográfica. *Multiscience*. Vol.1, n.5, 2016. Disponível em: <<https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/multiscience/article/view/344>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

ZABALA, A.; ARNAU, L. O objetivo da educação por competência é o pleno desenvolvimento da pessoa. (p.01- 22). In: ZABALA, et al. *Didática Geral*. Porto Alegre: Penso, 2016.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: Como ensinar. (Trad. Ernani F. da Rosa). Porto Alegre: Artmed, 1998, 224p.

ZANON, D. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, vol.10, p. 93-103. 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONCESSÃO DA PESQUISA.**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS – CCNE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: QUÍMICA
DA VIDA E SAÚDE (PPGECQVS)****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Pesquisador(a) Responsável: Andriele Maria Pauli

e-mail: andrielepauli@gmail.com

Prof. Orientador: Everton Lüdke

Departamento de Física; Prédio 13 da UFSM, sala 1323 - A.

Fone (55) 3220 - 8494

Prezado participante (estudantes do curso de Tecnologia em Alimentos),

Sou doutoranda do curso de Física pelo programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Estou realizando uma pesquisa sob orientação do professor Dr. Everton Lüdke, cujo objetivo é analisar a formação científica e as competências dos estudantes quanto a assuntos relacionados à Educação Científica e a Agroindústria, mais especificamente, suas compreensões na relação da Física e a análise da qualidade da produção de alimentos.

Este trabalho pretende contribuir para a melhoria da qualidade de ensino na Educação Científica voltada à área das Ciências Agrárias e da Agroindústria de alimentos, estando incluídas, portanto, os cursos técnicos e tecnólogos em alimentos. Na publicação dos resultados desta pesquisa, sua identidade será mantida em sigilo, sendo omitidas todas as informações que permitam identificá-lo(a). Sua participação é voluntária, tendo a liberdade de desistir da pesquisa a qualquer momento.

Para a pesquisa serão utilizados recursos experimentais, como materiais didáticos, equipamentos de medida, além da aplicação de testes e questionários. Podendo, em algum momento, ser preciso a utilização da gravação (vídeo ou áudio) durante as atividades experimentais, LEMBRANDO que NÃO serão identificados os participantes e NÃO serão publicadas estas gravações. Este recurso é somente para fins de análise da pesquisadora e melhor captação dos dados.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 1. NÍVEIS DE CONHECIMENTO CIENTÍFICOS E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS.

TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA E ÁREAS SIMILARES QUESTIONÁRIO SOBRE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Idade: _____ anos Gênero: []Masc. []Fem. []LGBT
Curso: _____ Semestre: _____
Cursou Ensino Médio: []Normal [] Técnico Integrado
Instituição: [] Estadual [] Particular [] Federal
Cidade que cursou o Ensino Médio: _____

CAMPO A - NÍVEL DE ASSIMILAÇÃO DE CONCEITOS PRÉVIOS

Escreva no campo entre parênteses como você julga seu nível de competência no domínio desse conteúdo entre zero (0) e dez (10).

Se você não estudou o conteúdo no ensino médio, coloque "NV" para "Não Visto" e não atribua nota.

1. Mecânica Newtoniana (Cinemática) ()
2. Mecânica Newtoniana (Dinâmica) ()
3. Conservação de Momento ()
4. Gravitação ()
5. Hidrostática ()
6. Hidrodinâmica ()
7. Conservação de Energia ()
8. Calorimetria ()
9. Termodinâmica ()
10. Energia, trabalho, potência ()
11. Óptica (refração, difração e reflexão) ()
12. Ondas Mecânicas ()
13. Ondas Eletromagnéticas ()
14. Dualidade onda-partícula ()
15. Eletrostática ()
16. Eletrodinâmica ()
17. Eletromagnetismo ()
18. Propriedades do espectro eletromagnético ()
19. Polarização de ondas eletromagnéticas ()
20. A descoberta da radioatividade ()
21. Modelos atômicos ()
22. Orbitais e Spin ()
23. Forças intermoleculares ()
24. Reações nucleares ()
25. Natureza das radiações alfa, beta e gama ()
26. Fissão e fusão nuclear ()
27. Cinética das desintegrações radioativas ()
28. Famílias radioativas naturais ()
29. Reações artificiais de transmutação ()
30. Tipos de reação de transmutação ()
31. Elementos transurânicos ()
32. Efeito fotoelétrico ()
33. Teoria da relatividade de Einstein ()

CAMPO B - ATRIBUA UMA NOTA DE 0 (PÉSSIMO) A 10 (ÓTIMO) DE ACORDO COMO VOCÊ JULGA SUA CAPACIDADE PESSOAL DE:

- Análise e resolução de problemas com uso de Álgebra. ()
- Análise e resolução de problemas analítico e interpretativo, sem uso da matemática. ()

A seguir, descreva sucintamente como você avalia e percebe os seguinte itens:

CAMPO C - QUAIS SUAS PRINCIPAIS DIFICULDADES DE APRENDIZADO EM:

FÍSICA: _____

QUÍMICA: _____

CAMPO D - NA SUA OPINIÃO, COMO A FÍSICA E A QUÍMICA PODEM CONTRIBUIR NA ATUAÇÃO PROFISSIONAL DE UM TECNÓLOGO EM ALIMENTOS?

CAMPO E - QUAL(IS) SUA(S) EXPECTATIVA(S) QUANTO A DISCIPLINA - FÍSICA PARA TECNÓLOGOS EM ALIMENTOS A - À SUA FORMAÇÃO?

CAMPO F - ESCREVA SUA DEFINIÇÃO PESSOAL PARA CADA ITEM ABAIXO. CITE, NO MÍNIMO, UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO NA SUA ATUAÇÃO PROFISSIONAL.

1. DIFERENÇA ENTRE FLUIDOS IDEAIS E REAIS:

2. FLUXO LAMINAR DE LÍQUIDOS

3. FLUXO TURBULENTO DE LÍQUIDOS

4. VISCOSIDADE DE LÍQUIDOS

5. MOVIMENTOS MOLECULARES DE GASES

6. CALOR E TEMPERATURA

7. PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

8. SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

9. PROCESSOS ADIABÁTICOS

10. ENTROPIA DE UM GÁS

11. POTENCIAL ELÉTRICO

12 CORRENTE ELÉTRICA

13. RESISTÊNCIA ELÉTRICA

14. LEI DE OHM

15. RESISTIVIDADE E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

16. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

17. RELAÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA E FREQUÊNCIA

18 ENERGIA E INTENSIDADE DA ONDA ELETROMAGNÉTICA

19 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

20. RADIAÇÃO ULTRA-VIOLETA

21 RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

22 MICROONDAS

23 RAIOS X

CAMPO G - DESCREVA APLICAÇÕES, QUE VOCÊ JULGA SEREM POSSÍVEIS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE ALIMENTOS, REFERENTE AOS SEGUINTE ITENS DE FÍSICO - QUÍMICA.

I) pH:

II) DENSÍMETRO:

III) REFRACTOMETRIA:

IV) VISCOSIDADE:

V) COLORIMETRIA:

CAMPO H - DESCREVA NOS ITENS ABAIXO OS PRINCIPAIS CONCEITOS FÍSICO - QUÍMICO RELACIONADO AO PRODUTO A FIM DE ANALISAR A QUALIDADE DO:

I) LEITE E SEUS DERIVADOS:

II) CARNE E SEUS DERIVADOS:

III) PLANTAS/VEGETAIS/HORTIFRUTI:

CAMPO I - QUAL SUA COMPREENSÃO SOBRE ALIMENTOS IRRADIADOS?

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 3. PERCEPÇÕES E DIFICULDADES DOS ALUNOS QUANTO AO ESTUDO DA FÍSICA.

1. Descreva quais foram suas dificuldades para **realizar** os experimentos.

2. Descreva suas dificuldades para **responder as questões** dos experimentos e **escrever o relatório**.

3. Dos experimentos, qual você teve maior dificuldade em compreender os conceitos envolvidos e resolver as questões? POR QUÊ?

4. O que você considera ser o responsável por você ter as dificuldades citadas acima?

() Conteúdo () Professor () Você/aluno

5. **Qual sua opinião sobre a proposta da disciplina:** de estudar primeiro a teoria com exemplos do seu dia-a-dia, e, em seguida, fazer experimentos relacionados com os conceitos. Escrever os relatórios, respondendo as questões e relacionar com a produção e tecnologia de alimentos?

6. Qual sua opinião sobre estudar essa disciplina no curso de Tecnologia em Alimentos? (Se você considera importante saber Física para atuar nesta área).

7. Quais sugestões você daria para melhorar a aula.

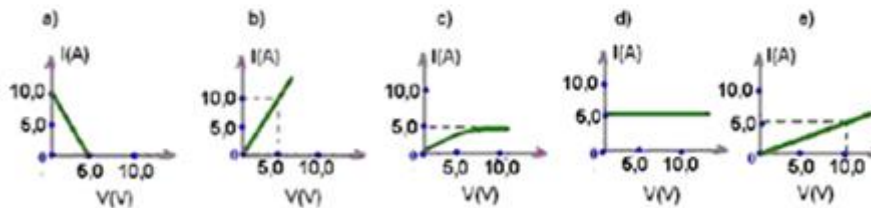
APÊNDICE D – QUESTÕES DAS AVALIAÇÕES.

Primeira Avaliação — Física para Tecnólogo em Alimentos A

Eléctrostática e Eletrodinâmica

Nome: _____ Data: _____

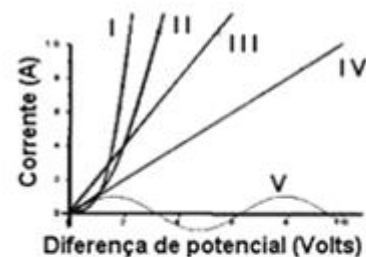
Questão 1: Tendo um fio condutor com variação da intensidade da corrente elétrica, cuja resistência é constante e igual a 2 W , em função de um potencial aplicado em seus terminais, o gráfico que melhor representa o resultado das medidas é:



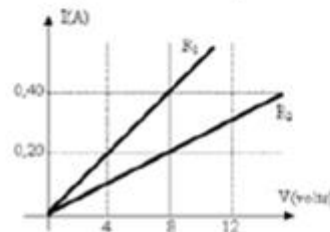
Questão 2: O gráfico desta questão mostra o resultado de um experimento no qual foi medida a corrente elétrica i em função da diferença de potencial V aplicada entre as extremidades de cinco condutores produzidos a partir de cinco ligas metálicas diferentes, cujos resultados são rotulados de I a V , em números romanos:

Todos os condutores, de tipo cilíndrico, foram produzidos com os mesmos comprimentos e raios. A respeito desses condutores, assinale verdadeiro (V) ou Falso (F) nas seguintes afirmações:

- () os condutores *II* e *III* são ôhmicos.
- () os condutores *III* e *IV* são ôhmicos.
- () o condutor *III* possui uma resistência que é o dobro do condutor *IV*.
- () para o condutor *V*, a potência dissipada na forma de calor pode ser escrita como $P= Ri^2$, onde R é a sua resistência e i é a corrente que circula sobre ele.
- () acima de 1 Volt, o condutor *I* é o que apresenta maior resistência dentre todos.



Questão 3: O gráfico abaixo mostra o comportamento da corrente elétrica de dois resistores feitos de fios metálicos de mesmas dimensões, mas de condutividades σ_1 e σ_2 , em função da tensão aplicada. Analisando o gráfico, calcule a razão entre as resistividades dos fios ρ_1 e ρ_2 ?



Questão 4: Como se constitui internamente um RTD tipo PT-100 ? Como se compara o perfil da sua resposta térmica com um termistor cerâmico com mesmo valor de resistência a 0°C , em função da temperatura?

Questão 5: A resistividade do cobre puro medida em $\text{n}\Omega\cdot\text{m}$ ($1 \text{ n} = 10^{-9}$) é:

$$\rho(T) = 15,4[1+0,00451(T(\text{K})-273)]$$

onde a temperatura é dada em Kelvin. Se um pedaço de fio esmaltado de 8,0 metros de comprimento e 0,01 mm de espessura for aquecido da temperatura ambiente ($T_i = 300 \text{ K}$) para uma temperatura final $T_f = 900 \text{ K}$, qual será a resistência nessa temperatura mais alta?

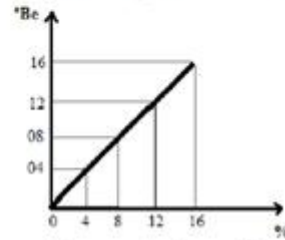
Questão 6: Referindo-se a questão 5, qual é o valor da densidade de corrente J e do campo elétrico E no fio se for aplicada uma diferença de potencial de 1,5 Volts entre as suas extremidades, no ponto de temperatura final ?

Questão 7: Explique o que é uma ponte de Wheatstone e para que serve na indústria de alimentos.

Segunda Avaliação - Física para Tecnologia em Alimentos A
FLUIDOS

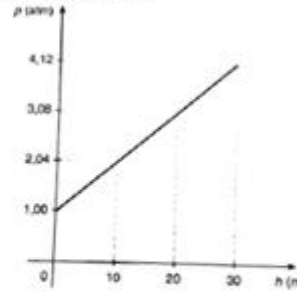
Nome: _____ Data: _____

1. Para fazer apresetado de peru, colocam-se ingredientes dissolvidos em salmoura-base a 4°C misturados ao peito de peru moido em uma misturadeira. A norma recomenda ao técnico em alimentos que 3,60 kg de sal fino sejam dissolvidos em 36,6 litros de água para cada lote de 72,5kg de peito de peru. Quantos graus Baumé você espera para essa salmoura antes de adicionar os demais ingredientes? Qual é a densidade da salmoura? Para fins de análise da relação dos graus Baumé ($^{\circ}\text{Be}$) e a concentração (%), utilize o gráfico ao lado.



2. Num oceano, a pressão varia com a profundidade, de acordo com o gráfico mostrado na figura. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $1\text{atm} = 1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. a) Qual é o valor da pressão atmosférica na superfície deste oceano? b) Qual é o aumento da pressão, em atm, a 25m acima da superfície do oceano?

- a) 75 mL.
 b) 133 mL.
 c) 500 mL.
 d) 750 mL.
 e) 1.333 mL.



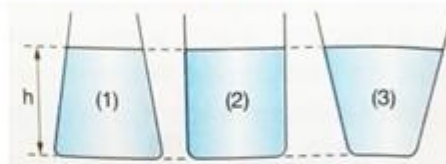
3. [UFGA] Se um balão de borracha é imerso numa piscina, podemos afirmar que, à medida que aumentamos a profundidade do balão, o seu volume:

- a) aumenta devido ao aumento da pressão hidrostática.
 b) diminui devido ao aumento da pressão hidrostática.
 c) diminui devido à diminuição da pressão hidrostática.
 d) não aumenta e nem diminui.

4. [UFPB] Três recipientes estão cheios de água até o nível h acima de sua base e são apresentados na ordem crescente de volume ($V_1 < V_2 < V_3$).

As massas (m) em cada recipiente e as pressões (p) na base de cada um deles satisfazem:

- a) $m_1 > m_2 > m_3$; $p_1 = p_2 = p_3$
 b) $m_1 = m_2 = m_3$; $p_1 > p_2 > p_3$
 c) $m_1 < m_2 < m_3$; $p_1 < p_2 < p_3$
 d) $m_1 < m_2 < m_3$; $p_1 = p_2 = p_3$

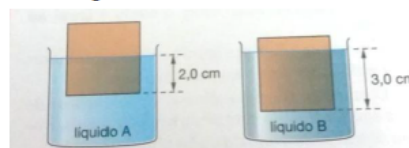


5. [UFV-MG] Sabe-se que certos peixes possuem uma estrutura, denominada bexiga natatória, que tem por finalidade lhes permanecer imersos a uma certa profundidade. A função física da bexiga natatória é controlar a densidade média do peixe, de forma a:

- a) manter o empuxo maior que seu peso;
 b) alterar a densidade da água;
 c) manter o empuxo igual ao seu peso;
 d) manter o empuxo menor que seu peso;

6. [UFV-MG] Um bloco cúbico de aresta igual a 4,0 cm é colocado em equilíbrio, imerso inicialmente em um líquido A de densidade igual a $0,90 \text{ g/cm}^3$. Em seguida, o mesmo bloco é imerso em um líquido B, ficando em equilíbrio conforme a ilustração abaixo. A densidade do líquido B, em g/cm^3 , é de:

- a) 0,40
- b) 1,2
- c) 0,60
- d) 1,0



7. [AFA-SP] Por uma tubulação escoo um fluido ideal. Num dado ponto, o diâmetro da tubulação é reduzida pela metade. Em vista disso, pode-se considerar que, em relação ao valor inicial, no local da redução:

- a) a vazão é o dobro;
- b) a velocidade é dobrada;
- c) a vazão diminui pela metade;
- d) a velocidade diminui pela metade

8. [UFSM-RS] Um líquido ideal preenche um recipiente até certa altura. A 5m abaixo de sua superfície livre, esse recipiente apresenta um orifício com $2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ de área, por onde o líquido escoo. Considerando o módulo da aceleração gravitacional $g = 10 \text{ m/s}^2$ e não alterando o nível da superfície livre, a vazão através do orifício, em m^3/s , vale:

- a) 1×10^{-3}
- b) 2×10^{-3}
- c) 4×10^{-3}
- d) 2×10^{-4}

9. Um óleo, com massa específica de $0,96 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ na temperatura ambiente, é forçado a fluir no interior de uma tubulação de seção transversal circular, através de uma bomba que mantém uma pressão manométrica de 950Pa. A tubulação possui um diâmetro de 2,6 cm e um comprimento de 65 cm. O óleo que sai na extremidade aberta da tubulação à pressão atmosférica é coletado. Após 90s, foi acumulada uma massa total de 1,23kg. Qual o valor do coeficiente de viscosidade do óleo a esta temperatura?

[QUESTÃO EXTRA]

10. Uma das funções do Tecnólogo em alimentos é realizar análise microbiológica, bioquímica, química, físico-química, microscópica, sensorial, toxicológica e ambiental na produção de alimentos. De acordo com os conhecimentos de Física dos Fluidos adquiridos até o momento, descreva qual a metodologia que você empregaria para atingir o objetivo desta pesquisa.



Revista de Ciências
Farmacêuticas
Básica e Aplicada
Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences

ISSN: 1808-4532
e-ISSN: 2179-443X

Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl., v. 35 Supl.1, Agosto 2014

AN04. Características físico-químicas do suco da laranja proveniente dos porta-enxertos tangerina Cleópatra e Limão-Cravo, nas configurações de extração FCOJ e NFC

Barbosa E, Drygalla F, Monteiro M

Introdução: O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja. O suco de laranja tem papel importante na dieta alimentar, se destacando por ser fonte de vitamina C e por conter carotenoides, ácido fólico, flavonoides, limonoides, potássio e fibras solúveis. O consumo diário de suco de laranja vem sendo associado a vários efeitos benéficos à saúde humana, como melhora no sistema imunológico e no funcionamento intestinal, na redução do colesterol e prevenção de diversas doenças, incluindo diferentes tipos de câncer, doenças cardiovasculares e neurológicas. O tipo de porta-enxerto influencia várias características dos citros, como precocidade de produção, resistência à seca e ao frio, resistência a pragas e doenças, o peso do fruto, o teor de açúcares e ácidos do fruto, e o teor de limonina. A configuração da extratora pode influenciar nas características do suco obtido devido à força aplicada sobre a fruta possibilitar a incorporação de outros compostos presentes no albedo e flavedo. Essas variáveis podem, portanto, afetar a qualidade do suco de laranja. **Objetivo:** Avaliar a características físico-químicas do suco de laranja proveniente dos porta-enxertos tangerina Cleópatra e Limão-Cravo nas configurações de extração utilizadas para o suco FCOJ (*frozen concentrated orange juice*) e NFC (*not from concentrated*) na safra de 2013.

Fonte: serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/jornada/pdf/AN04.pdf

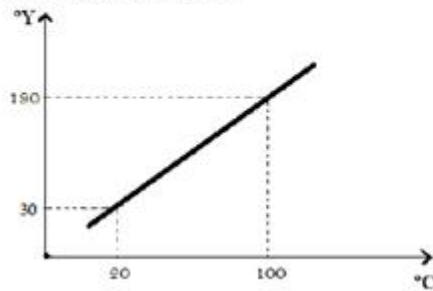
Terceira Avaliação - Física para Tecnologia em Alimentos A
TERMODINÂMICA

Nome: _____ Data: _____

1. A refrigeração industrial abrange equipamentos de pequeno, médio e grande porte usados em supermercados, sorveterias, açougues, laboratórios e instalações industriais. O princípio de funcionamento tem por objetivo a retirada de calor de um recinto fechado e o transporte para fora, produzindo o efeito desejado. Considerando esse contexto, avalie a seguinte questão em verdadeira ou falsa, JUSTIFICANDO sua resposta.

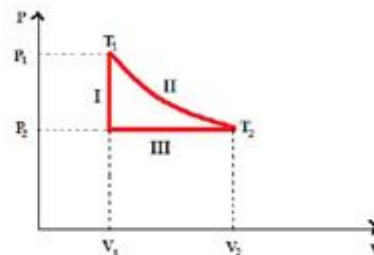
Os processos termodinâmicos do ciclo de refrigeração têm quatro componentes fundamentais: o compressor que aspira e comprime o vapor refrigerante; o condensador, onde o vapor refrigerante é condensado; o dispositivo de expansão, que abaixa a pressão do sistema por meio de uma expansão isoentálpica e controla o fluxo de refrigeração que chega ao evaporador; e o evaporador, onde o calor latente de vaporização do fluido refrigerante é absorvido e enviado ao compressor, iniciando um novo ciclo.

2. O gráfico abaixo estabelece a relação entre a escala termométrica Y e a Celsius. Na escala Y, o valor correspondente a 40°C é:



3. Considere um gás ideal, cujas transformações I, II e III são mostradas no diagrama PxV a seguir. Essas transformações, I a III, são denominadas, respectivamente, de:

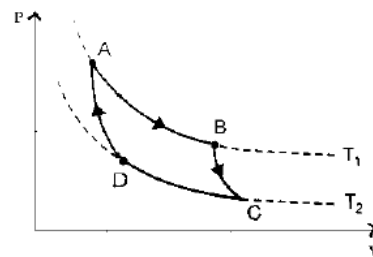
- Adiabática, isobárica, isométrica.
- Isométrica, isotérmica, isobárica.
- Isobárica, isométrica, adiabática.
- Isométrica, adiabática, isotérmica.



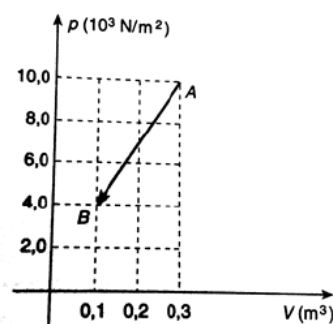
4. Um cozinheiro quer comprar uma panela que esquite rápida e uniformemente. Ele deve procurar uma panela feita de um material que tenha:
- Alto calor específico e alta condutividade térmica.
 - Alto calor específico e baixa condutividade térmica.
 - Baixo calor específico e alta condutividade térmica.
 - Baixo calor específico e baixa condutividade térmica.

5. A figura a seguir representa o ciclo de Carnot realizado por um gás ideal que sofre transformações numa máquina térmica. Considerando-se que o trabalho útil fornecido pela máquina, em cada ciclo, é igual a 1500 J e, ainda, que $T_1 = 600\text{K}$ e $T_2 = 300\text{K}$, é INCORRETO afirmar que:

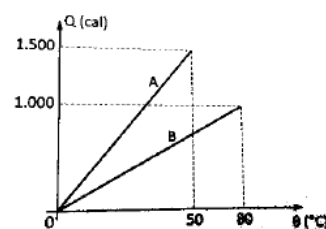
- A quantidade de calor retirada da fonte quente é de 3000 J.
- De A até B o gás se expande isotermicamente.
- De D até A o gás é comprimido sem trocar calor com o meio externo.
- De B até C o gás se expande devido ao calor recebido do meio externo.



6. O gráfico representa a pressão em função do volume para um gás ideal. Calcule o trabalho realizado sobre o gás entre os pontos A e B.



- Um pistão com êmbolo móvel contém 2 mols de O_2 . O gás sofre compressão isobárica e seu volume é reduzido de 2L à pressão constante de 1,0 atm. Considere $1,0 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$ e $1\text{L} = 10^{-3} \text{ m}^3$. Nessas condições, o trabalho realizado sobre o gás é?
- Um técnico de manutenção de máquinas pôs para funcionar um motor térmico que executa 20 ciclos por segundo. Considerando-se que, em cada ciclo de 1.200J de uma fonte quente e cede 800J a uma fonte fria. Qual é o seu rendimento em cada ciclo?
- O gráfico representa a quantidade de calor absorvida por dois corpos, A e B, de massas iguais, em função da temperatura. Determine:
 - A capacidade térmica de cada corpo.



- A relação entre os valores específicos de A e B.

10. Na indústria de alimentos, a Física e a Química estão presentes em muitos dos processos de produção de alimentos. **CITE dois** exemplos da aplicação da Termodinâmica na área de Tecnologia de Alimentos, isto é, a utilização dos conceitos Termodinâmicos para produção de alimentos. **ARGUMENTE** sobre sua resposta.

Quarta Avaliação - Física para Tecnologia em Alimentos A

Ondas Eletromagnéticas

Nome: _____ Data: _____

1. A refratometria é um método ótico de análise de amostras no qual é medido o índice de refração de um líquido. Por intermédio da refratometria é possível determinar
 - a) o pH de frutas e de sucos de frutas.
 - b) a concentração de gorduras em amostras de leite.
 - c) a umidade em frutas frescas secas em estufa a vácuo.
 - d) a concentração de sólidos solúveis em soluções aquosas de açúcar.
 - e) a concentração de lipídios insaponificáveis em mostras de gordura/óleo.

2. Para a radiação amarela da lâmpada de sódio, num determinado meio óptico A, a velocidade da luz é 80% da velocidade da luz no vácuo, e em outro meio B, a velocidade da luz é $\frac{2}{3}$ da velocidade da luz no vácuo. Determine, para essa radiação:
 - a) Os índices de refração dos meios A e B
 - b) A relação entre os índices de refração do meio B e A.
 - c) Considerando os dois meios ópticos diferentes, para um ângulo de incidência igual a 30° (meio A), determine o ângulo de refração da radiação da luz amarela no meio B.

3. Cite, no mínimo, uma VANTAGEM e uma DESVANTAGEM da aplicação da radiação na produção de alimentos. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

4. Você comeria um alimento irradiado? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

5. Analisando a tabela abaixo, têm-se os valores da composição do mel. Utilizando seus conhecimentos de Física e Química, estudados até o presente momento, **CITE** exemplos de formas de adulteração do mel e **DESCREVA**, passo a passo, um método experimental para detectar a qualidade e a composição do mel. **OBS:** Na descrição deve constar: *materiais, objetivo do experimento, procedimentos de coleta de dados e de análise, conclusão*. Use o verso da folha se for necessário.

Tabela 1 – Composição típica do mel

	FAIXA DE VARIAÇÃO	MÉDIA
Taxa frutose/glicose	0,76 - 1,86	1,23
Frutose (%)	30,91 - 44,26	38,38
Glicose (%)	22,89 - 40,75	30,31
Minerais (%)	0,020 - 1,028	0,169
Umidade (%)	13,4 - 22,9	17,2
Açúcares redutores (%)	61,39 - 83,72	76,75
Sacarose (%)	0,25 - 7,57	1,31
pH	3,42 - 6,10	3,91
Acidez total (meq/kg)	8,68 - 59,49	29,12
Proteína (mg/100g)	57,7 - 567	168,6
	(0,0577 - 0,567 %)	(0,1686 %)

Fonte: NACIONAL BOARD HONEY, 2004.

APÊNDICE E – REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS SELECIONADOS PARA O LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.

- ADAIME, M. B. et al. Agrotóxicos e meio ambiente: inserção do tema na escolar através de uma abordagem interdisciplinar. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.36, n.2, p.250-257, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/12823/pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- ADÚRIZ–BRAVO, A. Pensar la enseñanza de la física em términos de “competencias”. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 29, n. 2, p. 21-31, 2017. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/18801/18655>>. Acessado em: 20 jan. 2018.
- ALONSO, G. F. M.; PÉREZ, A. M. La página web como herramienta mental para el desarrollo de competencias, en un curso de Física para ingenieros. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 25, n. 1-2, p. 65-77, 2012. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8180/9059>>. Acessado em: 20 jan. 2018.
- AMARAL, C. L. C.; MACIEL, M. D.; SANTOS, M. S. dos. Temas sociocientíficos (leite) em aulas práticas de química na educação profissional: uma abordagem cts. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 5, n. 3, p. 115-121, 2010. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID126/v5_n3_a2010.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- AMARAL, C. L. C.; ELIAS, I. G. A pedagogia de projetos no ensino superior de tecnologia de petróleo e gás. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 10, n. 1, p. 15-22, 2015. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID262/v10_n1_a2015.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- ARAGÓN, M. del M.; OLIVA-MARTÍNEZ, J. M.; NAVARRETE, A. Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 337-356, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/1193>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- ARANZABAL, G et al. La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 29, n. 3, p. 439-452, 2011. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/247902/353586>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- ARIZA, M. R. et al. ¿Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 15, n. 2, p. 297-311, 2016. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_2_7_ex1017.pdf>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- ARRUDA, S. de M.; LIMA, J. P. C. de.; PASSOS, M. M. Um novo instrumento para a análise da ação do professor em sala de aula. **RBPEC**, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 139-160, 2011. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2404>>. Acessado em: 17 jan. 2018.
- AYMERICH, M. I.; SAN MARTÍN, E. H. Indagación guiada con diagrama uve para un aprendizaje significativo en primaria. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 643-656, 2014. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/78>>. Acessado em: 24 jan. 2018.
- BARBOSA, L. C. A.; PIRES, D. X. O uso da fotografia como recurso didático para a educação ambiental: uma experiência em busca da educação problematizadora. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 6, n. 1, p. 69-84, 2011. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID133/v6_n1_a2011.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- BARBOSA, A. C. et al. Mediação de leitura de textos didáticos nas aulas de química: uma abordagem com foco na matriz de referência do ENEM. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 175-198, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172016000300175&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.
- BENARROCH, A.; NÚÑEZ, G. I. B. Aprendizaje de competencias científicas versus aprendizaje de contenidos específicos. Una propuesta de evaluación. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 33, n. 2, p. 9-27, 2015. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v33-n2-benarroch-nunez>>. Acesso em 26 jan. 2018.
- BERNAT, G. C.; PUBILL, M. J. Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 1, p. 29-49, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/877>>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- BETTENCOURT, C.; ALBERGARIA-ALMEIDA, P.; VELHO, J. L. Implementação de estratégias ciência-tecnologia-sociedade (cts): percepções de professores de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto

- Alegre, v. 19, n. 2, p. 243-261, 2014. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/79/54>>. Acessado em: 24 jan. 2018.
- BEZMALINOVIC, H. C. S.; PIQUET, J. D.; GIMÉNEZ, C. A. Competencia de modelización en interpretación de gráficas funcionales. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 33, n. 2, p. 191-210, 2015. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v33-n2-solar-deulofeu-azarate>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- BOFF, E. T. de O.; PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C. A Significação do Conceito Energia no Contexto da Situação de Estudo Alimentos: Produção e Consumo. **RBPEC**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p. 145-164, 2011. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2416>>. Acessado em: 17 jan. 2018.
- BORTOLETTO, A.; SUTIL N.; CARVALHO, W. L. P. de. Abordagem de questões sociocientíficas e formação para o entendimento no contexto do ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 11, n. 3, p. 69-85, 2016. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID324/v11_n3_a2016.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- BRAGA, M. A. B.; MEDINA, M. N. O teatro como ferramenta de aprendizagem da física e de problematização da natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 313-333, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27n2p313/13531>>. Acesso em: 14 jan. 2018.
- BRAVO, S.; PESA, M. Evaluación del aprendizaje de interferencia y difracción de la luz en el laboratorio de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.21, n. 2, p. 68-104, 2016. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/9>>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. de. Competências e formação de docentes dos anos iniciais para a educação científica. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172016000100001&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.
- BRITO, D. S.; ALMEIDA, L. M. W. de. Modelagem com geometria, google earth e os caminhos mínimos de uma praça pública. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, p. 2-18, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/14231>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- BROIETTI, F. C. D.; SANTIN FILHO, O.; PASSOS, M. M. Caracterizando Questões de Química em Processos Avaliativos de Larga Escala: Uma Análise Comparativa. **RBPEC**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 105-133. 2017. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2739>>. Acessado em: 17 jan. 2018.
- BRUM, W. P.; SCHUHMACHER, E. O tema solo no ensino fundamental: concepções alternativas dos estudantes sobre as implicações de sustentabilidade. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 9, n. 1, p. 50-61, 2014. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID232/v9_n1_a2014.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- BRUM, W. P.; SCHUHMACHER, E. Uma proposta à luz do conhecimento científico e habilidade didática necessária ao professor para o ensino de geometria não euclidiana. **B. E. C. T.**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 12-26, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1290/1854>>. Acessado em: 24 jan. 2018.
- BULEGON, A. M.; TAROUCO, L. M. R. Contribuições dos objetos de aprendizagem para ensinar o desenvolvimento do pensamento crítico nos estudantes nas aulas de Física. **Ciênc. Educ. (Bauru)**, Bauru, v. 21, n. 3, p. 743-763, set. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132015000300014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- CARDOSO, L. de R.; ARAUJO, M. I. de O. Currículo de ciências: professores e escolas do campo. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p. 121-135, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172012000200121&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.
- CARVALHO, M. S. et al. Feira de ciências: reflexões de uma experiência do pibid ciências biológicas da UFSM. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 319-325, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/13106>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- CASLA, A. V.; ZUBIAGA, I. S. Cambio de la percepción de los estudiantes sobre su aprendizaje en un entorno de enseñanza basada en la resolución de problemas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 11, n. 1, p. 59-75, 2012. Disponível em: <http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_1_4_ex560.pdf>. Acessado em: 19 jan. 2018.
- CASTRO, C. S. La competencia matemática (en el sentido de PISA) de los futuros maestros. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas [online]**, Barcelona, v. 25, n. 3, p. 355-366. 2007. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87932>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- PALACIO, J. C. et al. Developing computer use skills for problem solving in engineering students from the first year physics course. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v.33, n.3, p.1-11, 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000300013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 jan. 2018.

CHIAPPE, A.; MANJARRES, G. A. Incidencia de un ambiente de aprendizaje blended, en la transformación de competencias matemáticas en estudiantes universitarios. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v.19, n.1, p.113-122, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132013000100008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.

CHINELLI, M. V.; AGUIAR, L. E. V. de. Experimentos e contextos nas exposições interativas dos centros e museus de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.14, n.3, p.377-392, 2009. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/348>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

COBOS, T. L.; RUZ, T. P. La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula de secundaria. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v.32, n.1, p.159-177, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/830>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

CHAVES, A. L. R.; CHRISPINO, À. Uma experiência CTS em sala de aula: a internacionalização da Amazônia. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v.9, n.17, p.122-140, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/1658/2081>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

COQUIDE, M. Um olhar sobre a experimentação na escola primária francesa. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v.10, n.1, p.155-172, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172008000100155&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.

CORDEIRO-COSTA, B. et al. Conteúdo interdisciplinar para aprendizagem de conceitos físicos relativos a eletricidade. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 39, n. 2, p.e-2501–e-2506, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000200602&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 jan. 2018.

CORREIA, M. S. M.; FREIRE, A. M. M. S. Práticas de avaliação de professores de ciências físico-químicas do ensino básico. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000100001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.

CORREIA, M. S. M.; FREIRE, A. M. M. S. Concepções e práticas de avaliação de professores de ciências físico-químicas do ensino básico. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 403-429, 2014. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/86/61>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

COSTA, L. S. O.; ECHEVERRIA, A. R. Contribuições da teoria sócio-histórica para a pesquisa sobre a escolarização de jovens e adultos. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v.19, n.2, p.339-357, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132013000200008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.

DE PRO, A.; MORENO, J. R. Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en Educación Primaria. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 28, n. 3, p. 385-404, 2011. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v28-n3-de-pro-rodriguez>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

ESPAÑA, E.; GARRIDO, A. C.; LÓPEZ, Á. B. La competencia en alimentación. Un marco de referencia para la educación obligatoria. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 611-629, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/1080>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

FALICOFF, C. B.; CASTIÑEIRAS, J. M. D; ODETTI, H. S. Competencia científica de estudiantes que ingresan y egresan de la Universidad. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 133-154, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/1020>>. Acesso em: 25 jan.2018.

FARIA, F. L.; FREITAS-REIS, I. A percepção de professores e alunos do ensino médio sobre a atividade estudo de caso. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 22, n. 2, p. 319-333, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132016000200319&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 jan. 2018.

FEJOLO, T. B.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. de M. a socialização dos saberes docentes: a comunicação e a formação profissional no contexto do PIBID/Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, pp. 103-126, 2017. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/390>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

- FELIPPE, B. M. et al. Ferramentas úteis para o aprendizado em solos de estudantes do quarto ano do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 12, n. 3, p. 69–79, 2017. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID360/v12_n3_a2017.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- FERREIRA, R. L.; BISOGNIN, E. O estudo de logaritmo por meio de uma seqüência de ensino: a engenharia didática como apoio metodológico. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 2, n. 1, p. 64-78, 2007. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID34/pdf/2007_2_1_34.pdf>. Acessado em: 20 jan. 2018.
- FERREIRA, S.; MORAIS, A. M. Conceptual demand of practical work: A framework for studying teachers' practices. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 14, n. 2, p. 157-174, 2015. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_2_3_ex862.pdf>. Acessado em: 19 jan. 2018.
- FERREIRA, M.; LOGUERCIO, R. de Q. Análise de Competências em Projetos Pedagógicos de Licenciatura em Física à Distância. **RBPEC**, Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 389-419, 2016. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2875>>. Acessado em: 17 jan. 2018.
- FILHO, L. G. da S.; LÜDKE, E. Os erros nas avaliações de aprendizagem: construindo concepções e conhecimentos. **Vivências: Revista Eletrônica de Extensão da URI**, Erechim, v.13, n.24, p. 364-376, 2017. Disponível em: <http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_024/artigos/pdf/Artigo_35.pdf>. Acessado em: 25 jan. 2018.
- FRANCISCO, W. El uso de un caso de investigación para el estudio de los métodos electrolíticos: Una experiencia en la educación superior. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 12, n. 3, p. 419-439, 2013. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_3_3_ex709.pdf>. Acessado em: 19 jan. 2018.
- FREITAS, J. R. de F.; RUFINO, L. P. da S. de F.; FREITAS, J. C. R. de. Mapas conceituais: utilização no processo de avaliação da aprendizagem do conteúdo haletos. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 8, n.3, p. 78-96, 2013. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID225/v8_n3_a2013.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- GALAZ, C. P. M.; WEIL, C. Ú. G. Concepciones del profesorado universitario acerca de la ciencia y su aprendizaje y cómo abordan la promoción de competencias científicas en la formación de futuros profesores de Biología. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 1, p. 51-81, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/852>>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- GIL, K. H.; LIMA, V. M. do R.; LAHM, R. A. Trabalhando noções de geometria plana com o google Earth. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 7, n. 1, p. 55 -70, 2012. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID176/v7_n1_a2012.pdf>. Acessado em: 10 jan. 2018.
- GIMÉNEZ, A. V.; AYMERICH, M. I. Aprendizaje por competencias (I). Identificación de los perfiles de las competencias adquiridas. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 34, n. 3, p. 73-90, 2016. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v34-n3-via-izquierdo>>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- GLUSKOL, C. A.; SAVIOL, M. F. R.; DIMA, G. N. Guia de Laboratorio sobre Fluidos basada en el Aprendizaje Activo de la Física. Segunda parte. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 27, n. extra, p. 519-524, 2015. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12698/12937>>. Acessado em: 20 jan. 2018.
- GONZALEZ, J. P. C.; GATICA, M. Q. Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivo lingüísticas en la química escolar. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 14, n. 2, p. 197-212, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132008000200002&lng=pt&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.
- GONCALVES JR, W. P.; BARROSO, M. F. As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1-16, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000100017&lng=en&nrm=iso>. 15 jan. 2018.
- HERNANDES, J. S.; MARTINS, M. I. Categorização de questões de Física do novo ENEM. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p. 58-83, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n1p58/24486>>. Acessado em: 11 jan. 2018.
- HINOJOSA, J.; SANMARTI, N. Promoviendo la autorregulación en la resolución de problemas de física. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 22, n. 1, p. 7-22, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132016000100007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.

- IBRAIM, S. de S.; JUSTI, R. Influências de um ensino explícito de argumentação no desenvolvimento dos conhecimentos docentes de licenciandos em Química. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 995-1015, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000400995&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.
- INFANTE-MALACHIAS, M. E. et al. Elaboração em grupo de roteiros de simulações de química: uma aproximação à aprendizagem significativa colaborativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 2, n. 3, p. 49-61, 2007. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID47/v2_n3_a2007.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- JAPPE GOI, M. E.; SANTOS, F. M. T. dos. Formação de professores e o desenvolvimento de habilidades para a utilização da metodologia de resolução de problemas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 431-450, 2014. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/87/pdf>>. Acessado em: 21 jan. 2018.
- KAHAN, S. et al. Explorando los errores conceptuales de ingresantes a la Facultad de Ingeniería. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 4401.1-4401.6, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172008000400007&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 15 jan. 2018.
- KNEUBIL, F. B. Explorando o CERN na física do ensino médio. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v.35, n.2, p.1-9, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172013000200021&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 15 jan. 2018.
- LIRES, M. Á. et al. La historia de las ciencias en el desarrollo de competencias científicas. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v.31, n.1, p.213-233, 2013. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v31-n1-alvarez-arias-perez-et-al>>. Acesso em: 12 jan. 2018.
- LOPEZ, S.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. La formulación de preguntas en el aula de clase: una evidencia de aprendizaje significativo crítico. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v.20, n.1, p.117-132, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000100007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- MACEDO, J. C. P. de; LOPES, N. C. Desenvolvimento da competência argumentativa de estudantes da rede pública de ensino por meio de questões sociocientíficas. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.12, n.4, p 30-41, 2017. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID365/v12_n4_a2017.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- MAIA, P. F.; JUSTI, R. Desenvolvimento de habilidades no ensino de ciências e o processo de avaliação: análise da coerência. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 14, n. 3, p. 431-450, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132008000300005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- MARISCAL, A. J. F. Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 33, n. 2, p. 231-252, 2015. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v33-n2-franco>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- MARISCAL, A. J. F.; LÓPEZ, Á. B.; RAMOS, E. E. El desarrollo de la competencia científica en una unidad didáctica sobre la salud bucodental. Diseño y análisis de tareas. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 649-667, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/1346>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- MARTINS-SALANDIM, M. E.; GARNICA, A. V. M. Escolas técnicas agrícolas: um estudo sobre ensino de matemática e formação de professores. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 16, n. 1, p. 235-258, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000100014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- MARTINS, P. R. G. de M. V.; SOUZA, J. A. de. Matemática sem números: uma introdução ao estudo da lógica. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, p. 463-473, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/14634>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- MARTÍN, P. G.; DEL POZO, R. M. La clasificación de la materia viva en Educación Primaria: Criterios del alumnado y niveles de competencia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 12, n. 3, p. 372-391, 2013. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_3_1_ex727.pdf>. Acessado em: 19 jan. 2018.
- MARTÍNEZ, F. P.; AZNAR, M. M. M. La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI): una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v.

32, n. 3, p. 469-492, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/1290>>. Acessado em: 26 jan. 2018.

MARTINHO, T.; POMBO L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 8, n. 2, p. 527-535, 2009. Disponível em: <http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART8_Vol8_N2.pdf>. Acessado em: 19 jan. 2018.

MASHHADI, M.; TEHRANI, M. M.; PORSALIMI, M. Evaluation of information technology management roles in sales food industries case study food companies khorasan razavi. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, p. 70-74, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/19442>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

MATTOS, J. R. L. de; BRITO, M. L. B. Agentes rurais e suas práticas profissionais: elo entre matemática e etnomatemática. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 18, n. 4, p. 965-980, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000400014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 jan. 2018.

MELLO, G. J. et al. A educação do campo na amazonia legal, caminhos que se cruzam entre agrotóxicos, agroecologia e ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 10, n. 2, p. 89 -101, ago. 2015. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID278/v10_n2_a2015.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.

MENDONÇA, P. C.; JUSTI, R. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. **RBPEC**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p.187-216, 2013. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2461>>. Acessado em: 17 jan. 2018.

MILARE, T.; ALVES FILHO, J. de P. Ciências no nono ano do ensino fundamental: da disciplinaridade à alfabetização científica e tecnológica. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 101-120, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172010000200101&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.

MORENO, E. R.; GATICA, M. Q.; SURDAY, A. L. Concepciones epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la enseñanza de la biología. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 18, n. 4, p. 875-895, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000400009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 jan. 2018.

NAVONE, H. D. et al. Estrategias y dispositivos en la construcción crítica de competencias docentes: análisis de una experiencia. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 29, n. extra, p. 527-536, 2017. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/18512/18364>>. Acessado em: 20 jan. 2018.

NIEZER, T. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; SAUER, E. Ensino de soluções químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 15, n. 3, p. 428-449, 2016. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_3_7_ex921.pdf>. Acessado em: 19 jan. 2018.

NÚÑEZ, F.; HERNÁNDEZ, E. B.; ARANDA, R. C. Capacidades del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria para la elaboración e interpretación de gráficas. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas [online]**, Barcelona, v. 27, n. 3, p. 447-462, 2009. Disponível em: <<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/142076>>. Acessado em: 26 jan. 2018.

OLIVEIRA, T. B. de.; CALDEIRA, A. M. de A. Colaborações de uma proposta de ensino e aprendizagem interdisciplinar e contextualizada sob a perspectiva de uma professora de biologia: possibilidades de elaboração e avaliação de um trabalho coletivo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 541-551, 2014. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/70>>. Acessado em: 21 jan. 2018.

OUARIACHI, T.; OLVERA-LOBO, M. D.; GUTIÉRREZ-PÉREZ, J. Evaluación de juegos online para la enseñanza y aprendizaje del cambio climático. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 35, n. 1, p. 193-214, 2017. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v35-n1-ouariachi-olvera-gutierrez>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

PACCA, J. L. de A. Construção de conhecimento na sala de aula: um diálogo pedagógico significativo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 131-150, 2015. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/32/0>>. Acessado em 24 jan. 2018.

PALA, L.; SCANCICH, M.; YANITELLI, M. Desarrollo de habilidades cognitivas asociadas a las gráficas de datos experimentales en estudiantes de ingeniería: su incidencia en la modelización. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 29, n. extra, p. 197-206, 2017. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/18460/18303>>. Acessado em: 20 jan. 2018.

- PALACIOS, F. J. P. et al. La reforma de la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria: propuesta de un diseño del currículo basado en competencias. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 1, p. 9-28, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/898>>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- PANIAGO, R. N.; ROCHA, S. A. da; PANIAGO, J. N. A pesquisa como possibilidade de ressignificação das práticas de ensino na escola no/do campo. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 16, n. 1, p. 171-188, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172014000100171&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.
- PAVESI, A.; FREITAS, D. de; LOPES, B. P. Horticultura comunitária e construção de sistemas socioecológicos sustentáveis. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 10, n. 19, p. 19-29, 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/2184/2482>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- PESA, M. et al. Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 3, p. 642-665, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n3p642/27971>>. Acesso em: 12 jan. 2018.
- PINTO, J. A. F.; SILVA, A. P. B.; FERREIRA, É. J. B. Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 1, p. 176-196, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p176/33950>>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- PIRES, L. F.; BRINATTI, A. M.; SAAB, S. da C. Experimental Method to Determine Some Physical Properties in Physics Classes. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 1507-1512, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832015000501507&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 29 jan. 2018.
- PIZARRO, M. V.; LOPES JUNIOR, J. Indicadores de alfabetização científica: uma revisão bibliográfica sobre as diferentes habilidades que podem ser promovidas no ensino de ciências nos anos iniciais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 208-238, 2015. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/66/42>>. Acessado em: 21 jan. 2018.
- QUINTANILLA, M. et al. Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿Qué piensan los docentes de química en ejercicio?. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 28, n. 2, p. 185-198, 2011. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v28-n2-quintanilla-jara-camacho-et-al>>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- RAMÓN, M. J.; LORENZON, G. M. Un modelo para potenciar y analizar las competencias geométricas y comunicativas en un entorno interactivo de aprendizaje. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas [online]**, Barcelona, v. 27, n. 2, p. 241-256. 2009. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/132240>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M. A. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.4, n. 1, p.65-78, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID73/v4_n1_a2009.pdf >. Acessado em: 25 jan. 2018.
- RAMOS, R. C.; SILVA, H. S.; LOPES, J. A aprendizagem no ensino-aprendizagem das Ciências Naturais através de um método de aprendizagem cooperativa. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 12, n. 3, p. 334-346, 2013. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/reec_12_2_6_ex406.pdf >. Acessado em: 19 jan. 2018.
- RICARDO, E. C.; CUSTODIO, J. F.; REZENDE JUNIOR, M. F. Comentários sobre as Orientações Curriculares de 2006 para o ensino da física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 2401.1-2401.6, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172008000200010&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 15 jan. 2018.
- RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do ensino médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p.257-274, 2008. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/442/260>>. Acessado em: 25 jan. 2018.
- RODRIGUES, C. M.; SAUERWEIN, I. P. S.; SAUERWEIN, R. A. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1-7, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000100016&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 15 jan. 2018.

- RODRÍGUEZ, F. P. Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 6, n. 2, p. 275-298, 2007. Disponível em: <http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART4_Vol6_N2.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2018.
- ROMERO, J. G.; MARÍ, J. L. G.; BATALLANOS, V. A. Q. Sobre la valoración de la competencia matemática: claves para transitar hacia un enfoque interpretativo. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 319-336, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/1158>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- RUIZ-MENDOZA, J. C.; RAMÍREZ-DÍAZ, M. H. Vinculo de la teoría con la práctica para la comprensión de la Óptica Geométrica en el Nivel Superior en las escuelas de Ingeniería de la UANL a partir del Modelo por Competencias. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 498-516, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n2p498/29946>>. Acesso em: 13 jan. 2018.
- RUIZ-MORENO, L.; LEITE, M. T. M.; AJZEN, C. Formação didático-pedagógica em saúde: habilidades cognitivas desenvolvidas pelos pós-graduandos no ambiente virtual de aprendizagem. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 19, n. 1, p. 217-229, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132013000100015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- RUPPENTHAL, R. et al. A capacidade de resolver problemas: um estudo-piloto sobre a adequação de um teste de desempenho na resolução de problemas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 833-848, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/17218>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- SÁNCHEZ, J. J. B.; BRAVO, J. A. F. El análisis de errores en la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias. Una metodología para desarrollar la competencia matemática. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 3, p. 173-186, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/1122>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/172>>. Acesso em: 21 jan. 2018.
- SAVIO, M. F. R.; GLUSKO, C. A.; DIMA, G. N. Guia de Laboratorio sobre Fluidos basada en el Aprendizaje Activo de la Física. Primeira parte. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 27, n. extra, p. 511-517, 2015. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/viewFile/12697/12936>>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- SAVIO, M. F. R.; GLUSKO, C. A.; DIMA, G. N. Análisis y resultados de la implementación de una guía de laboratorio basada en el aprendizaje activo de la física: estática de fluidos– tensión superficial. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 29, n. extra, p. 269-277, 2017. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/viewFile/12697/12936>>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- SCARINCI, A. L.; PACCA, J. L. de A. Objetivos gerais de um programa de desenvolvimento profissional docente. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 22, n. 4, p. 1063-1084, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320160040014>>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- SILVA, A. M. P. M. da; JÓFILI, Z. M. S.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. dos A. A prática como componente curricular na formação do professor de Biologia: avanços e desafios na UFRPE. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 10, n. 20, p. 16-28, 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/2295/2541>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- SILVA, E. C. R. et al. Hortas escolares: possibilidades de anunciar e denunciar invisibilidades nas práticas educativas sobre alimentação e saúde. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 265-288, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2015v8n1p265/29308>>. Acesso em: 09 jan. 2018.
- SILVA, C. S. F. da.; LOPES JUNIOR, J. A compreensão de competências a partir de modalidades de conteúdos curriculares: um estudo de caso sobre o tema “A diversidade da vida: o desafio da classificação biológica” do Currículo do Estado de São Paulo. **RBPEC**, Belo Horizonte, v.16, n.1, p.57-76, 2016. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2541>>. Acesso em: 24 jan. 2018.
- SILVA, D. B. R. da.; LOPES, A. R. C. Competências nas políticas de currículo: recontextualização pela comunidade disciplinar de ensino de física. **RBPEC**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, 2007. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2240>>. Acesso em: 17 jan. 2018
- SILVA, E. L. da; PACCA, J. L. de A. Algumas implicações do trabalho coletivo na formação continuada de professores. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 31-49, 2011. Disponível em:

em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172011000300031&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.

SILVEIRA, R. M. C. F.; RESENDE, L. M.; SANTOS JÚNIOR, G. Aprendizagem cooperativa: uma opção metodológica para se trabalhar as questões da Ciência e da Tecnologia nos cursos de formação de professores. **B. E. C. T.**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 75-87, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.utfrpr.edu.br/rbect/article/view/459>>. Acessado em: 24 jan. 2018.

SILVEIRA, F. P. R. de A. Levantamento preliminar de habilidades prévias: subsídios para a utilização de mapas conceituais como recurso didático. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.3, n. 2, p. 85-96, 2008. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID62/v3_n2_a2008.pdf>. Acessado em: 25 jan. 2018.

SIQUEIRA, L. G.; FRANCO, M. A. M.; MOREIRA, L. M. Trilha da vida em salinas: uma ferramenta lúdica no ensino de ciências e na construção de conceitos científicos ligados à produção agrícola local. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.11, n. 1, p. 88-100, 2016. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID302/v11_n1_a2016.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.

SOARES, A. C. et al. Conhecimentos agroecológicos aplicados ao ensino de ciências naturais. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.12, n.4, p. 185-204, 2017. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID376/v12_n4_a2017.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.

SOLAR BEZMALINOVIC, Horacio Cristian; AZCÁRATE GIMÉNEZ, Carmen; DEULOFEU PIQUET, Jordi. Competencia de argumentación en la interpretación de gráficas funcionales. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 30, n. 3, p. 133-154, 2012. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/v30-n3-solar-azcarate-deulofeu>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

SOUTO, E. K. da S. C.; SILVA, L. S. da.; NETO, L. S. A utilização de aulas experimentais investigativas no ensino de ciências para abordagem de conteúdos de microbiologia. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 10, n. 2, p. 59-69, 2015. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID275/v10_n2_a2015.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.

SOUZA, L. C. A. B.; MARQUES, C. A. Discussões Sociocientíficas sobre o Uso de Agrotóxicos: uma Atividade Formativa Problematizada pelo Princípio da Precaução. **RBPEC**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 495-519, 2017. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3046>>. Acessado em: 24 jan. 2018.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **RBPEC**, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, 2008. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2221>>. Acessado em: 17 jan. 2018.

TEMPESTA, A. M.; GOMES, L. C. Contribuições de um museu de ciências para a formação docente em física. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 78-102, 2017. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/287>>. Acessado em: 24 jan. 2018.

TEODORO, D. L.; CABRAL, P. F. de O.; QUEIROZ, S. L. Atividade cooperativa no formato jigsaw: um estudo no ensino superior de química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 21-51, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2015v8n1p21/29299>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

TERRAZZAN, E. A.; SILVA, L. L. da. As analogias no ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em aulas de física do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 6, n. 1, p. 133-154, 2011. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID137/v6_n1_a2011.pdf>. Acessado em: 26 jan. 2018.

TOLEDO, R. S. et al. Contribución de la física al desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes de ingeniería. **Rev. Bras. Ensino Fís.** São Paulo, v. 35, n. 4, p.1-8, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n4/a13v35n4.pdf>>. Acessado em: 15 jan. 2018.

TORRES, J.; ALMEIDA, A.; VASCONCELOS, C. Questionamento em manuais escolares: um estudo no âmbito das Ciências Naturais. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 21, n. 3, p. 655-671, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132015000300009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 jan. 2018.

ULL, M. A. et al. Preconcepciones y actitudes del profesorado de Magisterio ante la incorporación en su docencia de competencias para la sostenibilidad. **Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 32, n. 2, p. 91-112, 2014. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/article/view/904>>. Acessado em: 26 jan. 2018.

URIBE, A. V.; VIRAMONTES, I. M. Los géneros discursivos de Bajtín como marco de análisis en la adquisición de la competencia de comunicación escrita del laboratorio de física: el caso de dos prácticas. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 28, n. extra, p. 7-25, 2016. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15809/15618>>. Acessado em: 20 jan. 2018.

- VELAZQUE, M. S.; MARTÍNEZ, H. J. Implementación de una actividad experimental para la determinación del calor específico de un puré de tomate integrando las carreras de Profesorado de Física e Ingeniería en Alimentos. **Revista de Enseñanza de la Física**. Córdoba, v. 27, n. extra, p. 533-538, 2015. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12700/12939>>. Acessado em: 20 jan. 2018.
- WEBER et al. Ferramentas úteis para o aprendizado e solos de estudantes do quarto ano do ensino fundamental. **Revista Experiências e Ensino de Ciências**, v.12, n.3, p.69-79, 2017.
- WERLANG, R. B.; SCHNEIDER, R. de S.; LANG, F. da S. Uma experiência de utilização de uma animação em flash como facilitadora do processo de ensino-aprendizagem de física dos fluidos. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 3, n. 3, p. 33-40, 2008. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID65/v3_n3_a2008.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2018.
- WERLANG, R. B.; SCHNEIDER, R. de S.; SILVEIRA, F. L. da. Uma experiência de ensino de física de fluidos com o uso de novas tecnologias no contexto de uma escola técnica. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1503.1-1503.9, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172008000100014&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 15 jan. 2018.
- YAGÜE, E. F.; LUIS PUIG; T. R. El estudio teórico local del desarrollo de competencias algebraicas. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas [online]**, Barcelona, v. 26, n. 3, p. 327-342, 2008. Disponível em: <<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/132179>>. Acessado em: 26 jan. 2018.
- ZABEL, M.; MALHEIROS, A. P. dos S. A formação inicial do professor na modalidade a distância para o uso das tecnologias digitais no ensino de matemática: o caso de uma disciplina de prática de ensino. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 113-130, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2015v8n3p113/30548>>. Acesso em: 08 jan. 2018.
- ZAPPE, J. A.; BRAIBANTE, M. E. F. Contribuições através da temática agrotóxicos para a aprendizagem de química e para a formação do estudante como cidadão. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Coruña, v. 14, n. 3, p. 392-414, 2015. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_3_8_ex949.pdf>. Acessado em: 19 jan. 2018.
- ZOMPERO, A. de F.; SAMPAIO, H. R.; Vieira, K. M. Investigação da transferência de significados na abordagem da aprendizagem significativa utilizando atividades investigativas. **REIEC**, Buenos Aires, v. 11, n. 1, p. 40-52, 2016. Disponível em: <<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/9215/8246>>. Acessado em: 11 jan. 2018.
- ZOMPERO, A. de F.; GONCALVES, C. E. de S.; LABURU, C. E. Atividades de investigação na disciplina de Ciências e desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas a funções executivas. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 23, n. 2, p. 419-436, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000200419&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 15 jan. 2018.
- ZOMPERO, A. F.; LABURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172011000300067&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 16 jan. 2018.
- ZUNIGA, M. R.; AREVALO, A. M.; MAGGIO, M. M. Coherencia curricular y oportunidades para aprender Ciencias. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 955-970, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000400012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 15 jan. 2018.

APÊNDICE G – CADERNOS DIDÁTICOS.

Universidade Federal de Santa Maria
CCNE - Departamento de Física
Programa FIEX/PROLICEN 2017
Registro GAP/CCNE Nº 039511 e 042759

CADERNO DIDÁTICO FÍSICA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

UNIDADE 1 FUNDAMENTOS DE ELETRICIDADE

I. INTRODUÇÃO

Classicamente, o termo "corrente elétrica" compreende o estudo do movimento de cargas elétricas em um dado meio, normalmente em sólidos e líquidos. Genericamente, podemos chamar essas cargas elétricas que podem se movimentar livremente no meio, de *portadores de carga*.

Nas ciências dos alimentos, os portadores de carga são elétrons livres que se desprendem das eletrosferas dos átomos, átomos que perdem ou ganham elétrons na sua eletrosfera, e por esse desequilíbrio elétrico possuem uma carga líquida não-nula, são chamadas de *ions*, prótons livres, que, na natureza, tendem a ocorrer como átomos de hidrogênio (H^+) que sofreram um processo de perda do seu único elétron da eletrosfera. É correto, portanto, dizer que um íon de hidrogênio é um próton livre porque, pelo caráter metálico desse elemento químico, ele pode perder seu elétron com facilidade.

Todos esses elementos químicos citados possuem uma carga elétrica resultante diferente de zero e podem ser colocados em movimento se submetidos a um campo elétrico.

Robert Millikan (1868-1953) realizou uma série de experimentos para determinar a carga do elétron e . Em unidades do sistema internacional (S.I.) a carga elétrica é sempre medida em Coulombs, com o valor aproximado de:

$$e = -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

A carga elétrica do próton é o mesmo valor (igual em módulo a e , mas com sinal positivo). Nêutrons são partículas que ocorrem no núcleo e

têm cargas líquidas nula, portanto não sendo portadores de carga.

Nessa unidade, iremos estudar as aplicações das propriedades elétricas mais comuns dos materiais e seu uso em tecnologias para produção de alimentos.

II. POTENCIAL, CORRENTE E RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS

Uma carga elétrica puntiforme, isolada no vácuo, gera um campo elétrico cujas linhas de força apresentam uma direção radialmente simétrica. Quando a carga elétrica é positiva, o sentido das linhas é divergente, da carga para o meio e quando ela é negativa, o sentido dos vetores campo elétrico são convergentes do meio para a carga.

Uma superfície ou linha equipotencial é aquela definida por valores constantes de potencial elétrico.

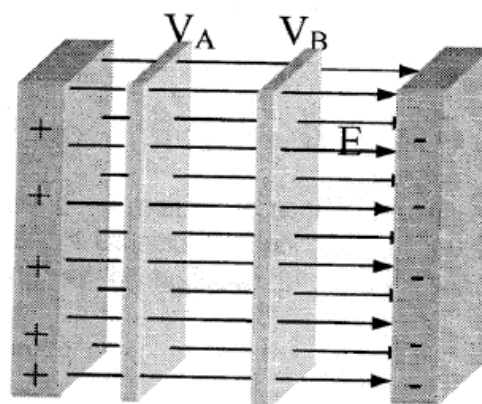


Figura 1: Duas placas carregadas planas e paralelas produzem um campo elétrico na região entre elas. Duas superfícies planas A e B separadas por uma distância d possuem uma diferença de potencial $V_B - V_A$ igual ao módulo do campo elétrico vezes a distância d entre elas.

Se as duas placas metálicas carregadas mostradas na figura 1 forem carregadas com uma diferença de potencial entre elas. Duas superfícies A e B na região entre elas também apresentarão potenciais constantes V_a e V_b .

Se as duas superfícies A e B forem separadas por uma distância d forem especificadas em uma região do espaço, necessariamente haverá um campo elétrico E entre elas, que pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\Delta V = V_a - V_b = E d \quad (1)$$

Alguns livros usam U para diferença de potencial ao invés de ΔV , mas o significado é o mesmo.

Preste atenção que duas situações práticas importantes podem surgir como uma interpretação dessa fórmula matemática:

1. Se o campo elétrico existir devido a fontes de carga em suas vizinhanças, dois pontos quaisquer nas suas proximidades, em superfícies equipotenciais diferentes, apresentarão uma diferença de potencial porque o campo elétrico não é nulo ao longo do ambiente.
2. Um campo elétrico E pode ser criado se dois condutores carregados estiverem próximos entre si, separados por uma distância d e se for aplicado uma diferença de potencial ΔV entre eles.

Na presença de um campo elétrico E , cargas elétricas como elétrons livres, prótons (H^+) e íons metálicos (Mg^+ , K^+ , Cl^- , Fe^{2+} , F^- , etc.) são colocados em movimentos porque surge uma força elétrica que é o valor do campo elétrico vezes a carga líquida q do íon.

$$\vec{F} = q \vec{E} \quad (2)$$

Pelo termo *carga líquida* temos o número de elétrons menos o número de prótons nucleares vezes o valor da carga do elétron. Mais prótons que elétrons implicam em íons de carga positiva (cátions) enquanto que se tivermos um excesso de elétrons com respeito ao número de prótons, a carga líquida apresentará sinal negativo (ânions).

Em medidas elétricas de qualquer natureza técnica, temos duas estruturas metálicas feitas de material inoxidável (pouco reagente ao oxigênio para prolongar a vida do material). Esse material pode ser aço inoxidável, ouro, prata ou qualquer metal cromado para evitar a ação química do meio aonde a medição é feita, que pode ter teor ácido, que pode corroer diversos metais. Essas estruturas metálicas são normalmente pequenos cilindros metálicos de seção reta circular chamados de *eletrodos* e são sempre polarizados. O eletrodo vermelho é positivo, sendo chamado de *anodo* e o eletrodo preto é negativo, sendo chamado de *catodo*.

Para medidas de fluxo de íons em amostra, para determinar a resistência e a condutância, ocorre a

aplicação de um potencial padrão positivo entre o anodo e o catodo e o fluxo de íons pode ser quantificado pela corrente elétrica que se estabelece pela criação de um campo elétrico entre os eletrodos.

O trabalho mecânico W realizado pelo campo elétrico criado pelos eletrodos polarizados em um íon de massa m é o acréscimo de energia cinética que esse íon sofre devido a presença da força elétrica aceleradora. Entre dois pontos de potencial V_A e V_B , um íon de carga q que for acelerado a partir do repouso (com velocidade inicial $v_A = 0$ no eletrodo A) apresentará uma energia cinética final quando atinge o eletrodo B , na ordem de:

$$W = q (V_A - V_B) = q \Delta V = \frac{1}{2} m v_B^2 \quad (3)$$

Tanto o trabalho mecânico quanto a energia cinética do íon são medidos em Joules (J), porque o trabalho mecânico provoca uma variação de energia cinética (ou energia potencial).

As propriedades principais do potencial elétrico são as seguintes:

- O trabalho que a força elétrica resultante exerce sobre uma carga livre em um meio devido a ação do campo elétrico \vec{E} não depende da forma da trajetória, mas sim dos potenciais elétricos do ponto de partida (A) e do ponto de chegada (B) do íon;
- Sobre uma superfície equipotencial, o trabalho realizado é nulo porque $\Delta V = 0$ sobre ela, independente do valor da carga líquida do íon.

Não se pode confundir potencial elétrico com energia potencial elétrica.

A energia potencial em Joules de um íon de carga q em um dado instante de tempo na presença de um potencial V é dada em Joules, se o potencial for medido em Volts:

$$E_p = q V \quad (4)$$

E o Volt que surge como medida de potencial elétrico V é simplesmente aquele potencial que permite um ganho de energia de 1 Joule de energia cinética acelerando uma carga padrão de 1 Coulomb. Logo,

$$1 V = \frac{1 J}{1 C}$$

A aplicação do termo *tensão elétrica* possui uma interpretação física mais concreta que o termo *voltagem* entre dois pontos. Isso porque um íon submetido a uma diferença de potencial sofre um efeito de uma "força de tensão" que provoca o seu movimento e aquele termo é mais intuitivo sobre o efeito real do funcionamento da eletrodinâmica que esse. Nesse texto, vamos usar o termo *tensão elétrica* ao invés de "voltagem" ou "diferença de potencial" entre dois pontos que constituem um dado circuito.

Essa energia potencial é convertida em energia cinética durante o processo de aceleração pelo campo elétrico enquanto o íon acelera.

Logo, a velocidade de um íon (em m/s) que parte do eletrodo *A*, sendo acelerado pelo campo elétrico (em N/C), atinge o eletrodo *B* com uma velocidade:

$$v_B = \sqrt{2 \left(\frac{q}{m}\right) \Delta V} \quad (5)$$

Note que a velocidade máxima que o íon pode ganhar depende não só da carga elétrica que ele tem, mas da sua massa. Quando menor for razão carga-massa q/m do íon, menor será a velocidade máxima que ele pode adquirir, quando submetido a um campo elétrico qualquer.

Para um elétron livre, temos a seguinte carga-massa dividindo o valor absoluto da carga dessa partícula em Coulombs pela sua massa em quilogramas:

$$\left(\frac{q}{m}\right)_{e^-} = \frac{1,602 \times 10^{-19}}{9,109 \times 10^{-31}} = 1,758 \times 10^{11} \text{ C/kg}$$

Enquanto que para um próton livre:

$$\left(\frac{q}{m}\right)_{p^+} = \frac{1,602 \times 10^{-19}}{1,6726 \times 10^{-27}} = 9,578 \times 10^7 \text{ C/kg}$$

Note que o próton livre é um íon que se movimenta muito mais lentamente que um elétron, adquirindo menor velocidade final para uma mesma tensão elétrica aplicada.

Como visto anteriormente, em eletrodinâmica, são diferenças de potenciais entre dois pontos no meio que provocam o fluxo de cargas elétricas dispersas no meio, cujos efeitos são importantes para várias aplicações.

Uma bateria química é a principal fonte de energia de instrumentos de medida portáteis. Normalmente usamos duas ou mais pilhas de 1,5 volts ou uma bateria de 9 volts para esse fim.

Pelo termo *bateria*, entendemos uma célula eletroquímica que produz uma diferença de potencial elétrico entre dois pontos e que produz fluxos de cargas elétricas livres em um dado circuito. Como princípio eletroquímico, uma bateria produz uma força eletromotriz e existe uma oposição natural à passagem de íons químicos no material o seu interior. Essa oposição é uma *resistência interna* à passagem da corrente elétrica de modo que a diferença de potencial nos terminais de uma bateria é sempre menor que a sua força eletromotriz, ocorrendo dissipação interna de energia quando a bateria alimenta um circuito real.

Se os íons internos tivessem mobilidade instantânea e resistência interna nula, a bateria sempre teria sua diferença de potencial igual à força eletromotriz, mas essa situação extremamente idealizada não existe na prática.

A figura 2 abaixo ilustra, grosseiramente, a corrente elétrica que passa por um fio de área de seção reta circular $A = \pi r^2$ aonde o raio r é a metade do diâmetro do fio.

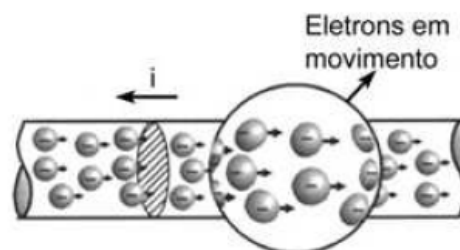


Figura 2: O movimento ordenado dos elétrons em uma direção preferencial produz a corrente elétrica.

Observando um corte circular transversal do cilindro condutor, a quantidade de elétrons por unidade de tempo que passam através dessa área determina a intensidade da corrente elétrica I , na sua unidade de medida no sistema internacional que é o Ampère (A). Logo, 1 Ampère equivale ao trânsito de 1 Coulomb de elétrons livres em exatamente um segundo:

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

E a corrente elétrica I é dada pela fórmula:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (6)$$

Na prática laboratorial, temos os múltiplos do Ampère, sendo 1 miliampère ($1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$), o microampère ($1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$), e o nanoampère ($1 \text{ nA} = 10^{-9} \text{ A}$). Acima de um ampère, temos o kiloampère ($1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$).

Na prática, os elétrons possuem um movimento térmico e caótico que é causado por interações sucessivas entre eles e os íons (figura 3). Portanto, suas trajetórias dentro do material condutor não são retilíneas, mas muito desordenadas. Interações entre os elétrons e os íons metálicos da rede cristalina que compõe o metal condutor fazem com que os elétrons desacelerem e parte da sua energia cinética é transferida para a rede cristalina, aumentando a temperatura do material.

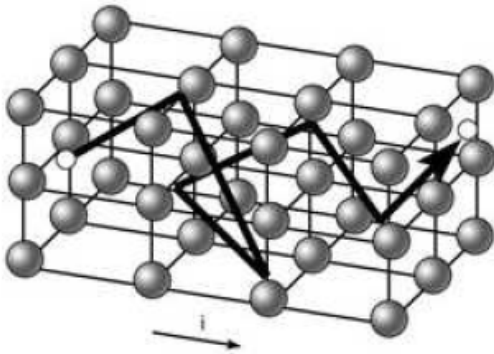


Figura 3: Origem de um movimento desordenado aonde interações entre os elétrons e os íons metálicos da rede cristalina. A trajetória de um elétron entre os espaços internucleares dos íons é esquematizada.

A esse efeito de transferência de energia elétrica em calor, chamamos de *Efeito Joule*.

Assim, a aplicação de uma diferença de potencial elétrico nas extremidades de um material condutor provoca o fluxo de íons e elétrons livres que, no final, tem o efeito resultante de aquecer o meio.

Alguns materiais têm mais capacidade de deter a passagem de elétrons que outros.

A potência elétrica P em Watts, dissipada na forma de calor é dada pelas seguintes fórmulas, para um resistor R (em Ohms) pelo qual circula uma corrente elétrica I em Ampères, na presença de uma diferença de potencial V , em Volts:

$$P = V \cdot I \quad P = \frac{V^2}{R} \quad P = R \cdot I^2 \quad (7)$$

Essas expressões funcionam bem para resistores percorridos por corrente contínua, mas não são adequadas para equipamentos domésticos como

motores e transformadores ou circuitos eletrônicos como computadores.

Entretanto, pode-se definir uma potência aparente consumida por um equipamento, que tem o mesmo significado que as fórmulas acima, aonde o termo "Watts" fica reservado para estudos da potência real sendo substituído pela unidade de medida "VA" ou Volts vezes Ampères. Logo, para resistores ideais em corrente contínua, o VA é equivalente ao Watt, mas isso não é verdade para circuitos de corrente alternada.

E como a potência P em Watts é a quantidade de energia ΔE em Joules entregue em um intervalo de tempo Δt em segundos, temos que:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \Delta E = P \cdot \Delta t \quad (8)$$

III. LEI DE OHM E CIRCUITOS

Observando a figura aonde vemos portadores de carga na forma de elétrons que percorrem um fio condutor de seção reta circular, a aplicação de uma diferença de potencial ΔV no fio provoca a passagem de uma corrente elétrica I cargas elétricas por unidade de tempo, medidas em Ampères.

A corrente elétrica média por unidade de área A de seção reta do fio é uma quantidade conhecida como *densidade de corrente* J e é medida em Ampères por metro quadrado, sendo um vetor com módulo:

$$J = \frac{I}{A} \quad (9)$$

A densidade de corrente é um vetor que tem sentido real o próprio fluxo de elétrons (do polo negativo para o positivo da fonte de força eletromotriz). Entretanto, por razões históricas, usa-se o sentido convencional considerando o fluxo de corrente do polo positivo da fonte (anodo) para o polo negativo (catodo).

A *Lei de Ohm* microscópica se conclui pelo fato de existir um vetor campo elétrico \vec{E} sobre o meio condutor, no caso o fio elétrico, que produz o vetor densidade de corrente \vec{J} e o módulo da densidade de corrente ser diretamente proporcional ao módulo do vetor campo elétrico:

$$J = \sigma E \quad (10)$$

A constante de proporcionalidade é a *condutividade elétrica do meio*. O inverso da condutividade elétrica σ é a *resistividade elétrica*:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (11)$$

Uma peça de material resistivo de área de seção reta A , comprimento L e condutividade σ constituído por ions de mobilidade limitada possui uma resistência total dada por:

$$R = \frac{L}{\sigma A} = \rho \frac{L}{A} \quad (12)$$

No sistema internacional de unidades, a unidade de medida de resistência elétrica é o Ohm (Ω) que tem unidade de Volts por Ampère.

E como $1 \text{ V} = 1 \text{ N.m/C}$, e $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$, temos que:

$$1 \Omega = \frac{1\text{V}}{1\text{A}} = 1 \frac{\text{N.m.s}}{\text{C}^2}$$

O inverso da resistência elétrica R é a condutância elétrica G , dada por:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{\Delta V} \quad (13)$$

A unidade de medida da condutância elétrica é o Siemens (S), que corresponde a $1 \text{ S} = 1 \text{ Ohm}^{-1}$, em unidades do sistema internacional, uma vez que $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$ é a dimensão da força mecânica em Newtons:

$$1 \text{ S} = 1 \text{ Ohm}^{-1} = \frac{\text{A}^2 \text{ s}^3}{\text{kg m}^2}$$

Outro nome para o Siemens é o *mhos*, que é uma nomenclatura bem mais antiga para a mesma quantidade física. O termo "mho" é "ohm" ao contrário, já que a condutância e a resistência elétricas são quantidades inversas entre si.

Em laboratório de análise de alimentos, usa-se a condutividade elétrica expressa em Siemens ou múltiplos como microSiemens ($\mu\text{S} = 10^{-6} \text{ S}$) ou miliSiemens ($1 \text{ mS} = 10^{-3} \text{ S}$) por centímetro (cm) ou milímetro (mm), usando um equipamento chamado *condutivímetro*.

Relações entre as unidades de condutividade em laboratório de alimentos são as seguintes:

$$1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{mhos/cm}$$

$$1 \mu\text{S/cm} = 1 \mu\text{mhos/cm}$$

IV. MEDIDAS DE CORRENTES E VOLTAGENS

Vamos supor um condutor cilíndrico de área de seção reta A , comprimento L submetido a uma diferença de potencial entre as suas extremidades a e b , com resistividade $\rho = 1/\sigma$ e por onde passa uma densidade de corrente J .

A pergunta é como relacionar a lei de Ohm $J = \sigma E$ com as medidas elétricas das propriedades macroscópicas do material, que são V , I e R .

A relação entre potencial e campo elétrico dentro do condutor será:

$$\Delta V = V_a - V_b = E L \quad \rightarrow \quad E = \Delta V / L$$

A corrente elétrica I dentro do condutor será:

$$I = JA = \sigma EA = \sigma A \frac{\Delta V}{L}$$

Dessa expressão temos que:

$$\Delta V = \frac{L}{\sigma A} I = \left(\frac{\rho L}{A} \right) I$$

Olhando essa equação, podemos ver que o termo entre parênteses é a resistência elétrica R do material em Ohms. Portanto, temos as relações das medidas elétricas que caracteriza um material ôhmico, que segue a lei de Ohm microscópica:

$$\Delta V = R I$$

Logo, submetendo um material ôhmico a uma diferença de potencial variável, a corrente elétrica que passa pelo mesmo apresenta uma dependência linear no gráfico I versus R , aonde I é a variável dependente e ΔV é a variável independente porque a voltagem pode ser ajustada livremente no gerador de tensão.

Nesse gráfico de I versus ΔV , a reta obtida deve passar pela origem dos eixos coordenados na forma $I = 0$ se $\Delta V = 0$. O coeficiente linear dessa reta é nulo e o coeficiente angular (tangente do ângulo que a reta faz com o eixo horizontal) é a condutância do material ($S = 1/R$) em Siemens, se ΔV for medido em Volts e I em Ampères.

Existe um aparelho portátil que podemos usar para medir diferenças de potencial, corrente e resistências elétricas, que se chama *multímetro*. O multímetro pode ser analógico ou digital, nesse caso quando o processamento interno do aparelho produz números em um mostrador de cristal líquido ou LED (diodo emissor de luz, do inglês "Light-Emitting Diode").

Um multímetro analógico possui um galvanômetro de ponteiro cuja posição em uma escala determina o valor desejado. Mesmo os técnicos mais experientes podem preferir usar multímetros digitais ao invés dos analógicos porque as leituras são mais estáveis e o procedimento de conversão digital do multímetro digital pode levar a números que flutuam bastante com o tempo, sendo mais difícil definir qual a medida mais correta.

O ajuste de operação dos multímetros analógicos e digitais são similares entre si, somente diferindo o tipo do mostrador das medidas.

A figura 4 mostra os nomes das partes principais de um multímetro analógico:

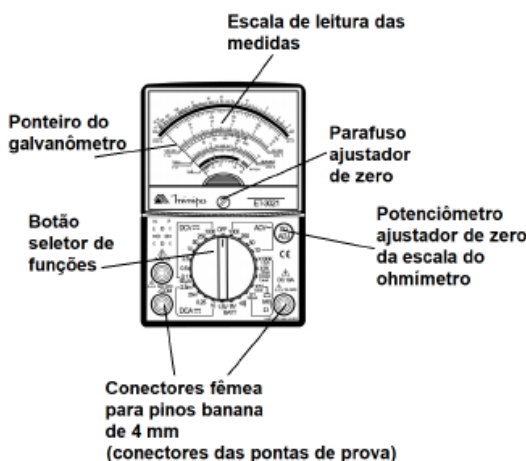


Figura 4: Partes que compõem o corpo de um multímetro analógico comum.

Na figura 4 podemos ver o grande mostrador com as escalas das leituras das medidas e o ponteiro do galvanômetro, aonde as escalas superior de resistência (não linear) e as inferiores de corrente e tensão (lineares) estão impressas. Entre as

escalas não lineares e as lineares há uma parte espelhada que tem como objetivo eliminar os erros de paralaxe de leitura, quando o olho humano percebe o ponteiro sobre um número errado, devido ao desvio involuntário da linha de visada da escala.

Abaixo do mostrador temos um parafuso ajustador de zero, que permite o posicionamento mecânico do ponteiro do galvanômetro interno sobre o valor de zero de voltagem e corrente, quando o aparelho estiver desligado e quando o mesmo estiver nivelado sobre a bancada de trabalho.

Abaixo do mostrador, à esquerda ou a direita, há um resistor variável rotativo (potenciômetro) que visa ajustar o zero de resistência para compensar variações da resistência interna da bateria que aumenta com o seu envelhecimento e a resistência das pontes de prova que constitui os eletrodos de medida. Esse potenciômetro somente serve para ajustar o nível zero para medidas de resistências e não tem função quando o aparelho estiver medindo tensão ou corrente.

Na parte inferior do aparelho, temos os terminais de contato tipo "banana-fêmea" de 4 mm, aonde as pontes de prova são inseridas.

No centro do aparelho, temos um grande botão giratório chamado botão seletor de funções, que visa selecionar o tipo da medida e o intervalo de valores aonde está medindo para ajustar a leitura da escala a cada intervalo e função.

Antes de usar o multímetro, coloque o mesmo na função de corrente e voltagem e use uma pequena chave de fenda para ajustar o ponteiro para coincidir com a leitura de zero nas escalas de corrente e tensão elétrica, como mostra a figura 5.

Observe que quando for feita medida de diferença de potenciais entre as pontes de prova, as mesmas devem estar bem limpas e desengorduradas. Use álcool isopropílico 98% para esse fim.

Faça a leitura da posição do ponteiro observando diretamente o espelho anti-paralaxe para garantir que não haja desvio da linha de visada ao ponteiro do galvanômetro. Deve-se ver o ponteiro e não o seu reflexo no espelho.

Para preparar o multímetro para medir resistências, coloque o botão giratório no campo das escalas de Ω e ajuste mesmo para selecionar a faixa de resistências mais baixa ($1 \times$). Nessa escala, o número lido na escala das resistências deve ser multiplicado por 1 para obter a leitura em Ohms. Se a escala for $\times 100$, o número deve ser multiplicado por 100 e assim por diante.



Figura 5: Identificação das escalas e o procedimento de ajuste de zero mecânico, quando o mesmo for colocado na situação de medida de tensão ou corrente.

Entretanto, para medir resistências baixas, deve-se tocar as pontes de prova entre si e ajustar o potenciômetro regulador até que o mesmo coincida com o valor zero de resistências, no topo superior direito dessa escala no mostrador.

Na escala de voltagem, a leitura é feita nas escalas de tensão e corrente respectivamente aonde o botão foi selecionado. Sempre selecione intervalos de corrente maiores e reduza os mesmos até obter a leitura adequada, usando o botão seletor no centro do aparelho.



O valor da leitura dependerá da seleção de função do multímetro.

Na escala de ohms, a leitura é 26.

Na escala de 0-10, a leitura é 4,4.

Na escala de 0-50, a leitura é 22.

Na escala de 0-250, a leitura é 110.

Quando medimos corrente alternada olhamos os mesmos limites, mas lemos o ponteiro na escala em vermelho indicada por ACV.

Figura 6: Ilustração das diferentes leituras do mostrador do multímetro analógico.

A figura 6 acima mostra as diferentes leituras que uma mesma posição de ponteiro pode ter. Os números lidos são adimensionais e, portanto, são números puros. O número desejado deve ser multiplicado pela escala selecionada no botão seletor de funções para obter a quantidade física com dimensões apropriadas.

V. EFEITOS DA TEMPERATURA SOBRE A RESISTÊNCIA ELÉTRICA

A resistência de um condutor varia com a temperatura. No caso dos metais a resistência aumenta quando a temperatura aumentar. Mas, há certas substâncias cuja resistência diminui à medida que a temperatura aumenta; as principais são o carbono e o telúrio.

Seja $R(T)$ a resistência do condutor a uma temperatura T , de um material cuja resistência a uma dada temperatura T_0 é conhecida e vale R_0 . Usando uma aproximação linear, podemos ajustar uma reta dada pela seguinte fórmula:

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad (14)$$

Aqui, α_T é o coeficiente de temperatura do material que é aproximadamente constante para pequenos intervalos de temperatura. Normalmente é medido em unidades de $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou $1/^{\circ}\text{C}$.

Existem ligas metálicas cuja resistência não varia com a temperatura, o que implica que α_T é quase nulo para efeito práticos. As ligas mais comuns são constantana (liga de níquel, cobre e zinco), a manganina (liga de cobre e manganês) e niqueline (liga composta de cobre, manganês e níquel) e $\alpha_T \leq 0,0002$ para esses materiais.

Metais de transição da tabela periódica usada na confecção de fios elétricos como a prata, platina, cobre, ouro e alumínio possuem coeficientes positivos de temperatura, ou seja, aumentando a temperatura, a resistência elétrica de um pedaço de material também aumenta.

Algumas substâncias da tabela periódica como o silício, germânio e o carbono apresentam coeficiente de temperatura negativo, ou seja, quando aumenta a temperatura e diminui a resistência elétrica.

Para grandes intervalos de temperatura, não se pode ajustar uma relação linear e precisamos de um termo quadrático porque o perfil do gráfico

$R(T)$ passa a mostrar um caráter parabólico, aonde surgem duas constantes de temperatura α e β para cada material.

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2] \quad (15)$$

As resistividades ρ do material também apresentam o mesmo comportamento, dados pelas seguintes expressões análogas:

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (16)$$

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2] \quad (17)$$

A tabela abaixo fornece alguns valores do coeficiente de temperatura para as substâncias mais comuns usadas na indústria de sensores de temperatura:

Tabela I: Valores do coeficiente de temperatura para resistividade referenciada a 0°C e pelo ajuste da expressão $\rho = \rho_0(1 + \alpha_T T)$.

Subst.	ρ_0 a 0°C $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	α_T $^\circ\text{C}^{-1}$
Al	32×10^{-7}	0,0036
Cu	17×10^{-7}	0,0040
Ni	100×10^{-7}	0,0050
Ag	16×10^{-7}	0,0040

VI. MEDIDORES ELÉTRICOS DE TEMPERATURA. TERMOPARES E PT100

Em um resistor dependente da temperatura, espera-se que a variação da temperatura ΔT do ambiente aonde o mesmo está inserido, provoca um dado aumento de resistência elétrica ΔR .

Se essa taxa de variação da resistência com o correspondente incremento de temperatura for diretamente proporcional ao valor da resistência R , a constante de proporcionalidade α é o coeficiente de temperatura.

$$\frac{\Delta R}{\Delta T} = \alpha R$$

O coeficiente de temperatura α possui dimensões inversas em Kelvin ($1/\text{K}$ ou K^{-1}) ou em graus centígrados ($1/^\circ\text{C}$ ou $^\circ\text{C}^{-1}$).

A solução dessa equação é uma função do tipo exponencial $T(T) = R_0 e^{\alpha T}$.

A função exponencial $f(x) = e^x$ pode ser expandida em uma soma infinita de termos em x por meio de uma série de MacLaurin:

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} \approx 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$

Na prática, não precisamos reter termos de mais alta ordem, principalmente se o intervalo de temperatura aonde o sensor resistivo tiver que operar for na ordem de algumas dezenas de graus.

Retenod até o primeiro termo em x , teremos a seguinte aproximação:

$$R(T) \approx R(T_0) (1 + \alpha_T \Delta T)$$

E o material apresentará uma resistividade $\rho(T)$ dependente da temperatura, que seguirá uma função matemática similar, aonde R_0 e ρ_0 são os valores de referência da resistência e resistividade na temperatura padrão T_0 .

$$\rho(T) = [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Em geral, dispositivos com resistencia dependente da temperatura (RTD) possui seu valor de R_0 especificado a zero graus centígrados ($T_0 = 0^\circ\text{C}$).

Para uma cerâmica termosensora usadas em elementos termoresistivos, temos que a sua resistência elétrica é dada pela equação de Arrhenius:

$$R(T) = A e^{B/T} \quad (18)$$

Um sensor cerâmico é conhecido como *termistor com coeficiente positivo* (PTC), se $B > 0$ e o valor da resistência aumenta com o aumento da temperatura.

Se um sensor desse tipo tiver uma resistência que diminui com o aumento da temperatura, é chamado de *termistor com coeficiente negativo* (NTC), ou seja, B é um valor negativo ($B < 0$).

A literatura inglesa difere os termos *termistores* de *termoresistores*. Um termistor é um sensor de temperatura que possui uma pastilha semicondutora feita de material cerâmico, ou silício ou germânio. Um termoresistor ou RTD (do inglês "Resistance Temperature Detector") é apenas uma bobina de fio metálico de alta pureza, a partir de um

elemento metálico da tabela periódica de classificação dos elementos. Como esse fio normalmente é de níquel ou platina pura, o custo de venda dos termoresistores é maior que os termistores.

Os termoresistores RTDs têm uma função $R(T)$ que varia bem linearmente com a temperatura, para um grande intervalo de medidas.

Como exemplo de RTDs comuns, temos o Ni-500 e o PT-100. o Ni-500 significa que o material do sensor é feito de níquel de alta pureza que possui $R_0 = 500 \Omega$ a $T(0) = 0^\circ\text{C}$. Sensores tipo Pt-100 são feitos de platina pura (metal mais caro que o ouro e a prata) e, a zero graus centígrados, é manufaturado para oferecer uma resistência de $R_0 = 100 \Omega$. Esses padrões industriais, em especial sensores RTD do tipo PT-100 são usados para monitorar a temperatura ao longo de máquinas produtoras de alimentos como fornos e câmeras térmicas.

Embora os PT-100 sejam os mais comuns, existem outros dispositivos de bobina de platina como o PT-25,5, PT-120, PT-130, PT-500 e PT-1000.

Pode-se dizer que as principais características dos RTD de platina são grande faixa de temperatura (-270°C a $+660^\circ\text{C}$, alta estabilidade e repetibilidade e rápido tempo de resposta a variações de temperatura.

A figura 7 a seguir mostra o corpo de um PT-100 para inserção em uma câmara térmica para processamento industrial.

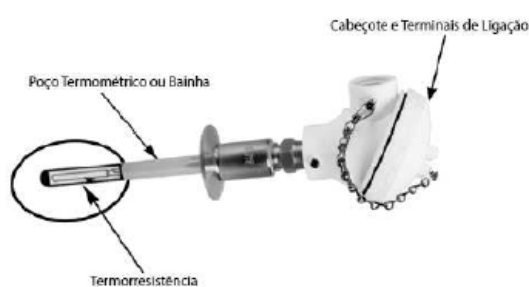


Figura 7: Apresentação comum da montagem de um dispositivo PT-100 em aplicações industriais.

Já os termistores têm uma função $R(T)$ que é extremamente dependente do material utilizado, normalmente com um comportamento exponencial para $R(T)$ ou linear em certos segmentos de temperatura. Logo, podem ser usados somente dentro de especificações técnicas mais restritas, a um custo menor que os RTDs.

Outro dispositivo muito usado para medida de temperatura é uma *termocúpula*, também chamada de *termopar*.

A termocúpula consiste em dois fios metálicos como o cobre e o ferro que são unidos por solda elétrica em uma das pontas, fazendo uma junção elétrica entre materiais metálicos com diferença de eletronegatividade. Se a junção for aquecida, surge uma força eletromotriz entre os fios na ordem de alguns milivolts. Essa diferença de tensão elétrica entre os dois fios é dependente da temperatura e quanto mais aquecido for a junção, maior será a o valor da força eletromotriz. Esse efeito de geração de eletricidade no ponto de contato de metais diferentes é conhecido como *efeito seeback*.

As combinações de metais são padronizadas industrialmente e os materiais mais comuns da junção são cobre-constantana, cromel-alumel, ferro-constantana e platina-ródio. Constantana é uma liga metálica que contém 40% Níquel e 60% cobre, o cromel é uma liga de 90% níquel e 10% cromo enquanto que o alumel contém 94% níquel, 2% alumínio, silício e manganês.

A nomenclatura industrial das termocúpulas é a seguinte:

- Platina-ródio: **Tipo S**
- Ferro-Constantana: **Tipo J**
- Cromel-alumel: **Tipo K**

A curva de calibração de uma junção é feita pela medida da milivoltagem produzida em função da temperatura. Para medidas de temperatura com uma termocúpula, normalmente emprega-se duas em série, sendo uma posicionada a um ambiente com uma temperatura padrão de referência enquanto que a outra é colocada no ambiente aonde se deseja medir a temperatura. A diferença das forças eletromotrices entre as duas junções nos dá a medida da temperatura com respeito àquela de referência. Em geral, a temperatura de referência é uma câmara gelada a zero graus centígrados.

Por fim, a figura 8 mostra os tipos de gráficos das quantidades físicas medidas para os diversos sensores de temperatura usado em tecnologia de alimentos em função da mesma.

Da figura 8 podemos ver que o melhor tipo de sensor seria aquele semicondutor incorporado em um microchip que fornece uma leitura bastante linear de tensão ou corrente, mas o mesmo não pode ser usado em temperaturas menores que 200°C sob risco de ser destruído.

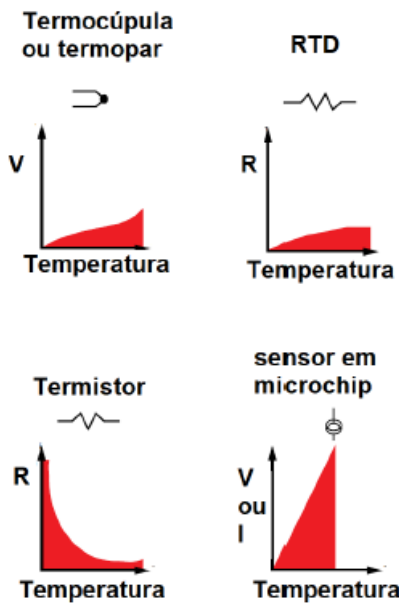


Figura 8: Perfil do comportamento genérico esperado da medida elétrica dos sensores de temperatura industriais em função da temperatura.

VII. A RESISTIVIDADE DA ÁGUA

A resistividade da água é dependente da concentração de impurezas e íons dissolvidos.

A tabela abaixo nos dá uma ideia dos valores de condutividade elétrica σ a 25°C para diversas amostras de água:

Amostra	σ em ($\Omega \text{ cm}^2$)
água pura	5×10^{-8}
água desmineralizada	2×10^{-6}
água da chuva	5×10^{-5}
água potável	2×10^{-4} a 10^{-3}
água salobra	5×10^{-3}
água do mar	$3,5 \times 10^{-2}$ a 5×10^{-2}

A água ultrapura é o produto resultante de um processo industrial aonde a água destilada passa por uma série de filtros e procedimentos de análise de resíduos de vários agentes químicos. As principais funções dos filtros estão esquematizados na figura 9.

A água ultrapura possui uma condutividade residual muito pequena devido a presença de elétrons livres residuais e a mobilidade limitada das moléculas de água, que são polares, na presença de um campo elétrico aplicado.



Figura 9: Funções dos principais filtros e suas funções para produção de água ultrapura.

O gráfico da figura 10 abaixo mostra o comportamento a variação da resistividade da água ultrapura em função da temperatura, de forma que a quanto maior a temperatura, mais disponibilidade de elétrons livres e, conseqüentemente, menor será a resistividade. A resistividade da água ultrapura é a maior dentre todas que utilizam essa substância e a 25°C tem o valor de 18,18 M Ω cm, aonde 1 M Ω = 10⁶ Ω (um Megaohms é um milhão de ohms), o que equivale a uma condutividade de 0,055 μ S/cm.

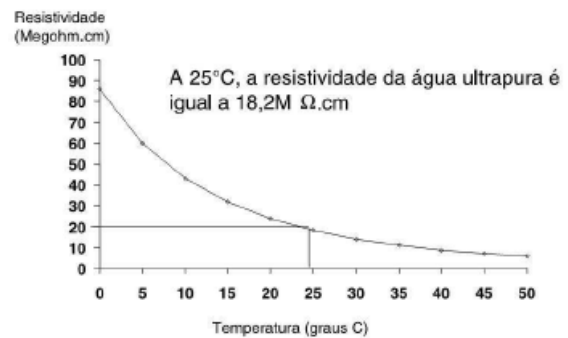


Figura 10: Comportamento da resistividade da água ultrapura em função da temperatura.

Para medidas de soluções líquidas, usa-se as seguintes relações entre as unidades de condutividade:

$$1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{mhos/cm}$$

$$1 \mu\text{S/cm} = 1 \mu\text{mhos/cm}$$

A condutividade de uma solução não é um indicador da concentração e muito menos do tipo de íons que estão presentes na solução aquosa.

Podemos entender isso observando a figura 11, aonde a condutividade em S/cm pode aumentar desde zero até um certo ponto com a dissolução de solutos iônicos, mas começa a diminuir a partir de um valor de máxima condutividade.

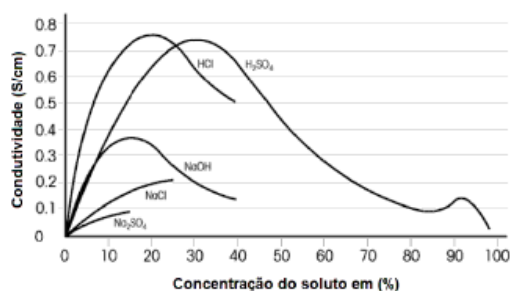


Figura 11: Comportamento da condutividade para diversas concentrações de diferentes solutos.

Logo, a condutividade de uma solução não é um parâmetro útil para determinar a composição química dos íons dissolvidos e nem a sua concentração em volume.

A concentração em volume de uma solução constituída de água pura e um único soluto, é medida em porcentagem, sendo a massa total em gramas dissolvida no solvente, contida em um litro de solvente. Por exemplo, 450 gramas de ácido acético puro dissolvido em 1 litro de água é uma solução de 45% de concentração e assim sucessivamente.

VIII. NOÇÕES DE SEGURANÇA COM ELETRICIDADE

Como regra geral, somente se mexe em circuitos elétricos com os mesmos desenergizados. Ou seja, somente se liga o aparelho na hora de usar, mantendo-o desconectado da rede elétrica predial se o aparelho permanecer desligado por um longo período de tempo.

Sobre a distribuição de energia elétrica em corrente alternada de 60 Hz em cidades brasileiras e no campo, temos a seguinte classificação, quanto à demanda:

- Clientes de média demanda, que são abastecidos por tensão elétrica de 11,9 kV, 13,8 kV

ou 23 kV;

- Clientes residenciais, comerciais e industriais que consomem até a potência de 75 kVA, sendo que são abastecidos com os potenciais elétricos monofásicos de 110, 127, 220 e trifásicos de 380 Volts;
- Distribuição subterrânea com um potencial de 24 kV.

Quando um trabalhador recebe um choque elétrico, seus efeitos são imprevisíveis. Podem ocasionar contrações violentas dos músculos, asfixia, fibrilação ventricular do coração, além de diversas lesões térmicas e não-térmicas, quedas e batidas e, frequentemente, ao óbito.

A morte por asfixia ocorrerá se a intensidade da corrente elétrica for acima de 30 mA e circular pelo tórax humano por um período de tempo pequeno (alguns minutos). Portanto, deve-se usar um bastão isolante de plástico ou madeira seca para retirar os fios que estão em contato com a vítima. A morte por asfixia ocorre pelo fato do diafragma da respiração se manter contraído, impedindo a expansão do pulmão e a inspiração de oxigênio. Mesmo após a eliminação do contato elétrico, a vítima permanece desacordada e sem respirar e a respiração artificial deve ser feita dentro de um intervalo de tempo inferior a três minutos, preferencialmente com o uso de uma máscara buconasal e um balão de respiração (ambu com máscara ou reanimador manual). A famosa "respiração boca-a-boca" não deve ser feita porque pode ocorrer transmissão de doenças a que está prestando o socorro e uma máscara de reanimação boca-a-boca deve ser usada porque isola o contato com fluidos corpóreos.

A fibrilação ventricular do coração ocorre com intensidades de corrente na ordem de 10-15 mA e que circulem pelo tórax com uma duração superiores a meio segundo. É um evento de contração disritimada do coração que impede a circulação sanguínea para o tecido cerebral e para os pulmões, resultando em uma falta de oxigênio nos tecidos vitais do corpo humano. Nessa condição, o coração não se recupera automaticamente e deve-se usar um desfibrilador. Nessa situação, pode-se ouvir uma espécie de movimento cardíaco escutando diretamente o peito da vítima, mas com a ausência de pulso palpável nas artérias do punho ou do pescoço, com comprometimento do ritmo respiratório.

É sabido que a fibrilação atrial pode produzir coágulos sanguíneos dentro dos ventrículos que podem migrar para as estreitas artérias cerebrais ou pulmonares, causando acidentes vasculares cerebrais com posterior morte de porções do cérebro responsável pela consciência e movimento.

Sem o desfibrilador cardíaco que é um equipamento caro e que deve ser operado somente por pessoas treinadas, a massagem cardíaca e manobras de respiração devem ser aplicadas para permitir que o sangue circule pelo corpo, enquanto que a equipe de resgate chegue para dar tal assistência.

Para tensões abaixo de 240 volts, uma grande parcela dos acidentes com eletricidade conduz a lesões decorridas de batidas e quedas.

Para tensões acima de 240 volts, também ocorrem queimaduras cutâneas superficiais e profundas, inclusive com comprometimento de órgãos internos.

Em resumo:

- Transtornos cardiovasculares: O choque elétrico afeta a respiração, o ritmo cardíaco, pode provocar taquicardia, infarto, morte cerebral, etc.
- Queimaduras internas: A energia elétrica dissipada produz um aumento de temperatura que pode promover queimaduras internas, coagulação e carbonização, inclusive aos ossos. Como o ar que respiramos é composto por uma mistura de oxigênio e nitrogênio, uma faísca excita os átomos produzindo radiação ultravioleta de alta intensidade que pode danificar diversas estruturas do olho humano;
- Queimaduras externas: São produzidas por faíscas elétricas ou arco elétrico que pode atingir temperaturas de até 4000 °C;
- Demais consequências: podem ocorrer danos oftalmológicos, auditivos, nervosos ou renais, dentre outras possibilidades.

A gravidade de um choque elétrico é normalmente determinada por três fatores preponderantes:

1. Percurso da corrente elétrica: A figura 12 mostra os principais caminhos do fluxo de íons e elétrons dentro do corpo humano e a escala de gravidade;
2. Características da corrente elétrica: além do seu valor em miliampères, observamos

que choques com corrente contínua são menos eficientes em provocar lesões graves que aquelas com corrente alternada. Como a frequência de 60 Hz é um pouco mais rápida que a frequência cardíaca do ser humano adulto, é coincidentemente o valor mais perigosos para nós pelo risco de induzir fibrilações cardíacas;

3. Resistência elétrica do corpo humano: A pele humana possui uma camada externa composta por células mortas e desidratadas de modo que a resistência elétrica é muito elevada, em torno de 100 k Ω a 600 k Ω e essa variação, para a pele seca, ocorre em função da sua espessura. Internamente, a disponibilidade de íons nos músculos e sangue reduz esse valor para algo entre 300 e 500 ohms. Correntes na ordem de 1 mA são apenas perceptíveis mas não são danosas. Em 10 mA, a corrente tem o efeito de contrair os músculos e "agarra a mão" e 15 mA é um máximo tolerável pelo corpo humano. Acima disso, em torno de 20 mA, ocorre parada respiratória. Em 100 mA, temos um ataque cardíaco. em torno de 2 A temos uma parada cardíaca e respiratória completa, sendo um valor-limite sempre mortal. A pele úmida tem a sua resistência muito diminuída (na ordem de 15-25 k Ω) e facilita a passagem de altas correntes, para uma mesma diferença de potencial submetida ao corpo humano.

Dessa análise podemos concluir que quando a pele está seca e apresentando uma resistência de 400 k Ω , uma diferença de potencial de 120 V produz uma corrente de 0,3 mA e esse isolamento natural produz uma certa proteção.

Com o trabalho e a atividade física, ocorre aumento de circulação e produção de suor que, mesmo sendo imperceptível e invisível, umedece a pele e sua resistência diminui. Nessa mesma tensão de 120 V e uma resistência de 15 k Ω , temos 8 mA de passagem de corrente, que pode dar efeitos perigosos.

Problemas na isolação elétrica são devido a perda natural do isolamento de fios elétricos, que provoca falhas e a exposição humana a fontes de tensão elétricas elevadas.

Um fio elétrico é um condutor circular com uma área de seção reta padronizada e que depende da bitola (diâmetro) do fio. Ao redor desse arame de cobre condutor, temos uma camada de material

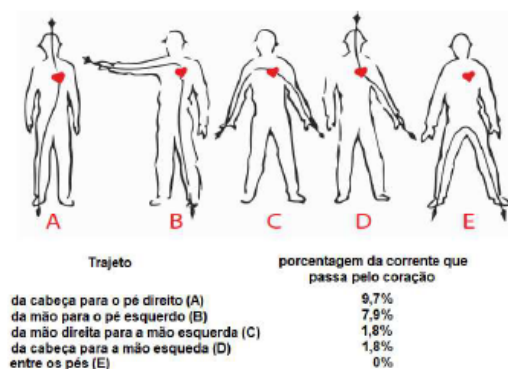


Figura 12: Efeitos do percurso da corrente elétrica e risco de morte por arritmia cardíaca.

isolante.

O envelhecimento natural ou forçado, uso inadequado, exposição a agentes químicos, ao calor, ao ar úmido e a radiação solar faz com que as suas características isolantes se percam com o tempo.

A circulação de corrente por um material condutor sempre gerará energia térmica pelo efeito Joule e haverá aumento da temperatura. O aumento da temperatura acima de 45 °C pode causar a ruptura de alguns polímeros plásticos, expondo o material condutor do seu interior.

Materiais isolantes tal como o Nylon são hidrófilos e, portanto, absorvem a umidade, de forma que a resistência elétrica diminui.

A exposição do material plástico do fio elétrico ao oxigênio e ozônio (gerados no campo pelos raios em tempestades) ou demais poluentes e agentes oxidantes gerado pela queima de combustíveis como gasolina e diesel provoca degradação do isolamento. Motores elétricos e geradores produzem faíscas (arcos elétricos) no seu interior e aumentam a concentração dessa espécie muito relativa em ambientes fechados e que pode causar mais dano aos materiais isolantes que o oxigênio atmosférico.

A radiação ultravioleta produzida por lâmpadas de esterilização ambiental também degradam os polímeros dos materiais plásticos, sendo particularmente prejudiciais a todas as borrachas e ao cloreto de vinila e promovendo rupturas e o comprometimento da isolação elétrica.

A presença de vapores ácidos desprendidos na maturação de carnes, vapores salinos (processamento da salmoura), vapores de lubrificantes e combustíveis, degradam a segurança da rede elétrica após alguns anos.

Fios elétricos não devem ser muito estica-

dos porque abrasão dos isolamentos surgem pelo corte, flexão e torção das capas condutoras os fios elétricos, o que caracteriza desgaste mecânico. Em geral, a vibração mecânica de máquinas processadoras de alimentos que empregam motores relativamente potentes podem ter tal efeito.

fungos microscópicos que se desenvolvem na umidade, pequenos animais roedores e insetos podem se alimentar dos materiais orgânicos dos isolamentos elétricos são fontes de degradação biológicas que afetam a segurança da distribuição elétrica.

Para manter a segurança da planta de processamento de alimentos, deve-se fazer a inspeção elétrica periódica por técnicos eletricitas ou engenheiros eletricitas devidamente credenciados pelo CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia) de cada estado.

IX. CONEXÕES ELÉTRICAS DE UM SENSOR RTD

A figura 13 mostra a ligação de um RTD que possui uma resistência elétrica R_g a uma temperatura T . Um microprocessador obtém a leitura da diferença de potencial $V_0 = V_+ - V_-$ na parte central da ponte de Wheatstone e faz uma interpolação numérica na curva conhecida $R(T)$ do RTD para dar a leitura da temperatura em um mostrador digital.

A ponte de Whatstone consiste em dois ramos resistivos que funcionam como um divisor resistivo de tensão elétrica. Uma bateria com diferença de potencial V_s alimenta um ramo que contém resistores R_1 e R_2 e um outro ramo que contém R_g e R_3 (ver figura 13, circuito superior).

O potencial V_- com respeito ao ponto de contato dos resistores R_3 e R_2 parte inferior da ponte é o produto da corrente elétrica que circula pelo ramo dos resistores R_1 e R_2 pelo resistor R_2 .

$$V_- = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_s$$

O potencial V_+ com respeito ao mesmo ponto de contato da parte inferior da ponte é o produto da corrente elétrica que passa pelo ramo dos resistores R_3 e R_g vezes o valor do resistor R_3 .

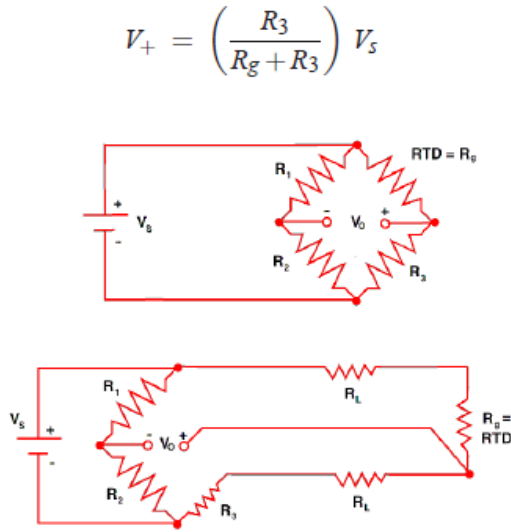


Figura 13: Acima, uma ponte de Wheatstone convencional com a ligação de um RTD de dois terminais. Abaixo, conexão de um RTD de três terminais na mesma ponte, a fim de eliminar a contribuição resistiva dos fios de conexão e evitar a inserção de erros nas medidas de temperatura.

Logo, na ponte com quatro elementos resistivos, a diferença de potencial $V_0 = V_- - V_+$ será:

$$V_- - V_+ = \left[\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) - \left(\frac{R_3}{R_3 + R_g} \right) \right] V_s \quad (19)$$

Esse valor de diferença de potencial será nulo $V_0 = 0$ se valer a seguinte expressão entre os valores das resistências, conhecido como *regra da igualdade em cruz* nos produtos das resistências:

$$R_1 R_3 = R_2 R_g \longrightarrow \frac{R_g}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} \quad (20)$$

Assim, construindo a ponte para um RTD tipo PT-100 que tem 100Ω de resistência em $T_0 = 0^\circ\text{C}$, colocando $R_2 = 100\Omega$ e quaisquer resistores de valores iguais para R_3 e R_1 , a diferença de potencial V_0 será nula no ponto de congelamento da água líquida, que é a temperatura de referência do PT-100. Assim é que se faz o ajuste do zero de voltagem para o valor nulo de temperatura centígrada.

A medida que a temperatura do ambiente do sensor aumenta, aumenta a diferença de potencial, que se relaciona com a temperatura de forma bastante linear.

Como sabemos, qualquer pedaço de fio elétrico com mais de meio metro de comprimento apresentará uma resistência elétrica que excederá 1Ω .

Isso pode corresponder a um pouco mais de 1% de erro na medida em temperaturas próximas à ambiente.

Assim, deve-se fazer o esquema da ponte de Wheatstone usando um RTD de três terminais, conectado por segmentos de fios elétricos com comprimentos idênticos, que correspondem a uma adição de resistência dos fios, R_L . Como essa resistência é adicionada em ambos os ramos, ela praticamente é neutralizada no cálculo da diferença de potencial $V_0 = V_- - V_+$ e esse valor de potencial somente dependerá de R_g que é a resistência do elemento sensor e eliminará as contribuições resistivas dos fios de conexão do sensor.

As conexões mostradas na ponte de Wheatstone inferior da figura 13 mostram a interligação de um RTD de três terminais, enquanto que na superior, há conexão de RTD de dois terminais, aonde o erro da medida de temperatura depende fortemente da distância entre a ponte de Wheatstone e o elemento sensor do RTD.

A estratégia de usar três fios de conexão serve para melhorar a precisão de estimativa da temperatura em monitores eletrônicos que empregam qualquer tipo de sensor resistivo.

Para sensores que geram diferenças de potenciais (ou forças eletromotrizes) dependente da temperatura baseados no efeito Seebeck, como os termopares, não se usam pontes de Wheatstone ou qualquer outra ponte de medida de resistências para que os circuitos de medida derivem a temperatura.

IX. ANÁLISE GRÁFICA DE MEDIDAS ELÉTRICAS

Em qualquer processo de medida, é tarefa do técnico investigar relações entre variáveis mensuráveis, uma variável independente x que o técnico tem a possibilidade de pré-selecionar e uma variável dependente $y(x)$ que varia no experimento e resposta a intervenção manual do técnico sobre valores de x .

Assim, um número N de pares de pontos (x_i, y_i) é medido pelo técnico e dispostos em um gráfico confeccionado em papel milimetrado. Se os pontos se dispuserem de forma a permitir um ajuste de linha reta que passe sobre eles, dizemos que um *ajuste linear* aos dados pode ser feito.

Fazendo um gráfico (x_i, y_i) podemos ajustar uma equação de reta com a variável y sendo uma função de x e que passe o mais próximo possível de todos os pontos.

A. Estudos de relações lineares

A equação paramétrica da reta é definida como uma relação de função linear $y(x)$ e é caracterizada pelo coeficiente linear a e o coeficiente angular b , na seguinte forma:

$$y(x) = a + bx \tag{18}$$

O coeficiente linear a é o valor da variável dependente aonde a reta intercepta o eixo vertical y quando $x=0$.

O coeficiente angular b é o valor da declividade da reta, ou seja, a tangente do ângulo que a reta faz com o eixo horizontal (eixo da variável independente x).

Essa reta é chamada de reta de mínimos quadrados, quando os coeficientes (angular e linear) forem calculados seguindo os seguintes passos:

Se tivermos \tilde{N} pares de dados (x_i, y_i) , as somatórias sobre as variáveis são definidas como segue.

A somatória sobre todos os valores de (x_i) é a soma de todos os valores medidos para a variável independente x :

$$\sum x = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N$$

A soma de todos os valores de y_i se obtém adicionando-se os valores medidos para a variável dependente $y(x)$:

$$\sum y = y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_N$$

Para fazer o ajuste de uma reta de mínimos quadrados, elevamos cada valor de x_i ao quadrado e somamos todos os quadrados dos valores de x_i obtidos nas medidas:

$$\sum x^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_N^2$$

E, por último, fazemos a soma dos produtos entre cada x_i com seu y_i correspondente nos pares (x_i, y_i) :

$$\sum xy = x_1y_1 + x_2y_2 + x_3y_3 + \dots + x_Ny_N$$

Com essas somatórias calculadas, aplicamos nas fórmulas adequadas para encontrar os coeficientes da reta que passa pelos pontos:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - \sum x \sum xy}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \tag{19}$$

$$b = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \tag{20}$$

E a equação dessa reta de ajuste linear aos pontos é dada pela equação de reta:

$$y(x) = a + bx \tag{21}$$

Quando o técnico estabelece a reta de mínimos quadrados aos pares de dados coletados no experimento de laboratório, dizemos que foi feito uma *regressão linear simples*.

Os cálculos ficam mais fáceis de serem feitos quando se organiza uma tabela do seguinte tipo:

i	x_i	y_i	x_i^2	$x_i y_i$
1				
2				
3				
4				
...				
\tilde{N}				
	$\sum x =$	$\sum y =$	$\sum x^2 =$	$\sum xy =$

Quando o número N de pares de dados for menor que 12, podem-se calcular a reta de mínimos quadrados usando uma calculadora de mão para determinar os somatórios e aplicar os mesmos nas fórmulas que determinam os coeficientes a e b da reta.

Quando o número de pares de dados for grande, o técnico sempre usa um programa de computador para fazer o ajuste da reta.

A determinação da função $y(x)$ é essencial em análise científica de relações entre variáveis de um experimento que apresentam dependência linear entre si.

Por exemplo, a figura abaixo mostra resultados experimentais de uma pesquisa mercadológica feita em uma amostra de consumidores, aonde os pontos experimentais mostram uma variação em sua ordenação no gráfico e por onde passa a reta de mínimos quadrados ajustada a esses pontos.

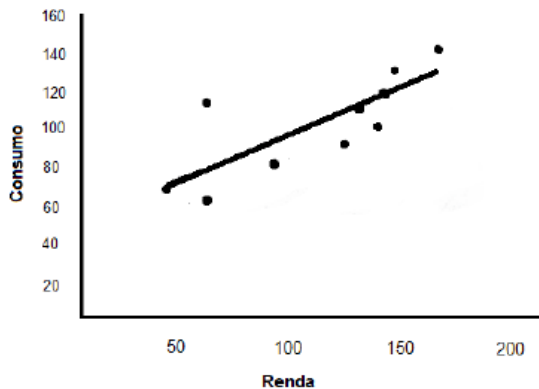


Figura 7. Pontos experimentais apresentados na forma gráfica e o ajuste d uma relação linear entre eles pelo método dos mínimos quadrados.

Essa é a forma mais comum de apresentação de resultados em trabalhos científicos que você encontrará ao longo dos seus estudos.

Sabendo a função $y(x)$, pode-se estimar o valor esperado para qualquer valor de x que não necessariamente tenha sido medido.

Quando esse cálculo de valor esperado para um valor de x contido dentro do intervalo de pontos coletados tem o que chamamos de *interpolação*.

Logo, calcular valores de y em um procedimento de interpolação sempre é bem mais confiável de fazer que uma extrapolação, porque o experimento sempre traz a realidade somente no intervalo numérico aonde os dados foram coletados.

B. Estudos de relações exponenciais.

Uma relação exponencial entre variáveis (x,y) é caracterizada pela seguinte função, aonde $e = 2,718\dots$ é a base dos logaritmos naturais.

$$y(x) = ae^{bx} \quad (22)$$

Essa relação representa curvas no gráfico feito em papel milimetrado, mas pode ser linearizado se aplicarmos o cálculo apropriado e tomando o logaritmo neperiano \ln em ambo os dados dessa equação:

$$\ln y(x) = \ln (ae^{bx}) = \ln a + \ln (e^{bx})$$

e portanto:

$$\ln y(x) = \ln a + bx \ln(e)$$

mas como $\ln e = 1$.

$$\ln y(x) = \ln a + bx \quad (23)$$

E temos novamente uma equação de reta se usarmos $\ln y_i$ como variável dependente, sendo o logaritmo neperino dos valores medidos originalmente para y_i , em função dos x_i .

O coeficiente linear da função linearizada é $\ln a$ e o coeficiente angular é b .

Usamos as mesmas fórmulas de mínimos quadrados para calcular a, b e obter a relação exponencial desejada:

$$y(x) = ae^{bx}$$

C. Estudos de relações tipo lei de potência.

Uma lei de potencia é uma relação algébrica obtida na seguinte forma:

$$y(x) = ax^b \quad (24)$$

Essa relação é linearizada tomando um logaritmo decimal ou neperiano em ambos os dados dessa expressão. Usando o logaritmo decimal:

$$\log y(x) = \log (ax^b) = \log a + \log (x^b)$$

médio, completando as N linhas da terceira coluna da tabela.

Depois, calculam-se os quadrados dessas medidas de desvios que devem resultar em valores positivos e colocam-se esses valores na última coluna.

Agora, fazemos a soma de todos os valores da quarta coluna para obter a somatória dos quadrados dos desvios das medidas individuais, com respeito à média aritmética das medidas é estimada por uma quantidade chamada desvio padrão da medida, representada pela letra grega sigma (σ).

O cálculo de σ é feito pela seguinte fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (y - y_m)^2} \quad (26)$$

A incerteza no valor da média é chamada de *erro padrão da média* e é calculado com o desvio padrão da seguinte forma:

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (27)$$

Quanto maior esse número, pior será a

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (27)$$

Quanto maior esse número, pior será a qualidade da linha de produção. O coeficiente de variação é o quociente entre o desvio padrão da média σ_m e o valor da média y_m dos valores medidos, sendo uma medida de fração de desvio entre os valores com respeito ao valor médio encontrado. Se multiplicado por 100, temos esse desvio em porcentagem.

$$CV = \frac{\sigma_m}{y_m} \quad (28)$$

O técnico saberá, pela sua experiência e pelos critérios de qualidade, se o valor calculado requer que todo o lote de produção seja descartado por ser impróprio para o consumo humano.

Experimento 1 – Controle de qualidade.

Para esse experimento, vamos precisar de uma amostra de resistores comerciais de mesmo valor nominal e de um bom multímetro digital com uma bateria nova de boa qualidade.

Pegue o multímetro digital e coloque-o na função de medida de resistências, girando o botão seletor de funções para a faixa de 0-200Ω.

Vamos supor que essa amostra de seis resistores foi retirada de uma linha de produção

maior, aonde carretéis com 5000 resistores são produzidos em série em um dado processo industrial. Use as pontas de prova e estime o erro das medidas, tocando as pontas de prova. Essa medida deveria dar 0,000 na escala, mas isso não acontecerá devido ao fato do aparelho fornecido não ter um potenciômetro de ajuste de zero de resistências, como o multímetro analógico normalmente possui. Além disso, o último dígito flutuará devido ao processo de conversão analógico-digital interno. Anote essa variação máxima que será o erro da medida das resistências elétricas no campo abaixo, em ohms:

$$\delta y = \text{_____ } \Omega$$

Agora, meça o valor da resistência elétrica dos seis resistores e anote os valores na tabela de controle de qualidade, calculando a média, o desvio padrão da medida e o valor do desvio padrão da média:

Como você é o técnico responsável pela produção, terá que assinar um relatório recomendando o descarte do lote de 5000 resistores produzidos ou recomendar o seu envio para o comércio atacadista que fará a sua

Como você é o técnico responsável pela produção, terá que assinar um relatório recomendando o descarte do lote de 5000 resistores produzidos ou recomendar o seu envio para o comércio atacadista que fará a sua distribuição para o varejo e, para os consumidores desse produto.

Calcule as seguintes quantidades, usando uma calculadora científica de bolso:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (y - y_m)^2} = \text{_____ } \Omega$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \text{_____ } \Omega$$

$$CV (\%) = 100 \frac{\sigma_m}{y_m} = \text{_____ } \%$$

A regra de produção é que os resistores só poderão ser entregues ao consumidor se a tolerância nas suas medidas for menor ou igual a 5% do valor nominal de 180Ω.

i	y_i	$y_i - y_m$	$(y_i - y_m)^2$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
	$\sum y =$		$\sum y - y_m^2$

Questão 1.1 Escreva um relatório apresentando as suas medidas, autorizando ou não o descarte de todo o lote e justificando o porquê da sua decisão baseadas na sua análise, que deverá ser descrita em detalhe.

Questão 1.2 Faça uma pesquisa bibliográfica e encontre um artigo científico aonde há uma descrição e controle de qualidade de um processo de medida em um dado setor da cadeia produtiva de alimentos. Cite o nome do artigo, autores, título e revista publicada com data e ano da edição e páginas do artigo consultado e explique como o(s) autor(es) fizeram o controle de qualidade os lotes de alimentos selecionados para a produção.

Entregue seu relatório na próxima aula com as respostas às duas questões acima, com um número máximo de cinco páginas.

Experimento 2. Determinação da condutividade e resistividade de materiais.

O grafite é um material inerte, não reativo, sendo usado às vezes como eletrodos para medidas das propriedades elétricas de líquidos. Por ter ponto de fusão muito elevado, pode ser usado para medir as propriedades elétricas de metais fundidos a mais de 1000°C.

O objetivo desse experimento é estudar as medidas elétricas de resistência e condutividade e obter esses valores para o grafite impuro que encontramos nas lojas de papelaria e desenho.

Colete pontos experimentais de medidas entre zero e o comprimento máximo do bastão de grafite com 2 mm de espessura (raio de seção reta circular de $r = 1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$, em intervalos de 1 cm para o espaçamento entre os eletrodos.

Anote seus valores na tabela abaixo, usando o comprimento x em metros e a resistência y em Ohms. Lembre-se que $1\text{cm} = 10^{-2}$ metros.

Questão 2.1 Faça um gráfico d resistência medida em Ohms em função do comprimento L. Que tipo de relação matemática que você espera austar?

Questão 2.2 Use os dados da tabela para fazer um ajuste de mínimos quadrados

adequado a suas medidas e obter a equação dessa reta.

Para um material condutor de comprimento L, de seção reta circular de raio r, a área da seção reta circular será $A = \pi r^2$ medida em m^2 no sistema internacional de unidades.

Se a resistividade desse material for ρ , a sua resistência elétrica total medida em Ohms (Ω) é dada pela seguinte expressão:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

E a sua condutância S em “mho” (Ω^{-1} ou Siemens (S) é o inverso da resistência elétrica:

$$S = \frac{1}{R}$$

i	x_i	y_i	x_i^2	$x_i y_i$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
	$\Sigma x =$	$\Sigma y =$	$\Sigma x^2 =$	$\Sigma xy =$

A condutividade elétrica σ é o inverso da resistividade elétrica ρ de qualquer material:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Questão 2.3 Calcule a resistividade ρ em $\Omega \cdot \text{m}$ e a condutividade elétrica σ em $\mu\text{S}/\text{cm}$ do grafite comercial de desenho técnico que certamente não é a mesma do grafite puro.

Questão 2.4 Se uma barra de grafite tiver 9,2 cm e se for conectado a uma bateria de 9,0 volts, e resistência interna de 23,4 Ω , qual será o campo elétrico que os elétrons no seu interior irão sentir? E qual é a densidade de corrente J em A/m^2 presente no interior desse cilindro condutor?

As características da força eletromotriz obtida em função da temperatura das termocúpulas industriais estão esquematizadas na tabela abaixo.

T (°C)	<i>fem</i> (mV) Tipo S	<i>fem</i> (mV) Tipo J	<i>fem</i> (mV) Tipo K	<i>fem</i> (mV) Tipo T
0	0	0	0	0
50	0,297	2,584	2,02	2,021
100	0,642	5,267	4,10	4,239
150	1,024	8,004	6,13	6,631
200	1,435	10,781	8,13	9,178
250	1,866	13,561	10,16	11,862
300	2,314	16,325	12,21	14,666
350	2,777	19,089	14,29	17,580
400	3,249	21,849	16,40	20,592
450	3,730	24,607	18,51	---

Coloque a termocúpula em banho-maria em água junto com um termômetro de tolueno para medida da temperatura.

Inicie o aquecimento do recipiente e meça valores de temperatura em intervalos de cinco graus e a correspondente milivoltagem lida no multímetro.

Obtenha leituras entre a temperatura ambiente e uma temperatura máxima de 80 graus centígrados. Faça o gráfico da força eletromotriz *fem* (mV) versus T (°C) para os diferentes tipos de termocúpulas e indique as retas de cada um dos tipos, no intervalo de temperatura entre zero e 150°C, usando a tabela com os padrões internacionais das *fem* das termocúpulas.

Questão 4.1 Coloque seus pontos experimentais no gráfico para identificar o tipo da termocúpula fornecida no experimento e os materiais que ela é feita.

Questão 4.2 Pelo termo razão de incremento, definimos a taxa de variação da força eletromotriz pela correspondente variação de temperatura, que é medida em $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Use o método de mínimos quadrados para obter a razão de incremento da força eletromotriz para a termocúpula usada.

Questão 4.3 Como você desconfiaria se uma termocúpula de um determinado equipamento para processamento de alimentos estivesse necessitando ser substituída? Justifique o que você faria para confirmar a necessidade de

chamar a assistência técnica para substituir esse sensor de temperatura.

Alguns multímetros digitais têm função de temperatura e entrada para termocúpula, pois já incorporam o amplificador de *fem* internamente e tem a função grau centígrado ou Fahrenheit, dependendo da escala de temperatura que queremos ler, as quais podem ser escolhidas com o botão giratório seletor. Colocando uma termocúpula incorreta no multímetro levará a uma leitura imprecisa de temperatura.

Logo, todos os multímetros são feitos pensando em usar somente termocúpula Tipo J na entrada do sensor de temperatura. Não use outro modelo com o seu multímetro senão a leitura da temperatura estará errada. Confira sempre no manual técnico do seu instrumento, em caso de dúvida.

Experimento 5. Resistores da luz

Questão 5.1 Elabore um relatório técnico sobre o desempenho de um fotoresistor, avaliando a sua resistência (Ω) em função da proximidade da lâmpada em (m).

Questão 5.2 Apresente e discuta os principais fatores de erros experimentais no seu relatório.

Universidade Federal de Santa Maria
 CCNE - Departamento de Física
 Programa FIEX/PROLICEN 2016
 Registro GAP/CCNE N° 039511 e 042759

CADERNO DIDÁTICO FÍSICA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

UNIDADE 2 FLUIDOS - Parte I

I. INTRODUÇÃO

Pelo termo **agrofísica**, entendemos os aspectos de aplicações dos conteúdos de física e físico-química na produção industrial de alimentos para consumo animal e humano.

Nesse setor de alimentos, destaca-se a produção de produtos alimentícios sólidos e líquidos, onde as proteínas, nutrientes e diversas moléculas biológicas de interesse nutricional são disponibilizadas e oferecidas à população para consumo de forma segura e responsável.

Por mais que pareçam distantes dessa realidade do produtor, a física e suas aplicações são indispensáveis no controle de qualidade e na análise de processos, dentro das normas internacionais de qualidade dos insumos, além das leis governamentais brasileiras para a comercialização de alimentos no mercado.

II. A DENSIDADE DOS LÍQUIDOS

Para medir volumes, temos a grandeza padrão do Sistema Internacional de Unidades (S.I.) que é o metro cúbico (m^3), volume compreendido por uma caixa cúbica com arestas que medem exatamente 1 metro.

As sub-unidades de volume são potências cúbicas (potência de três) das sub-unidades de comprimento a partir do metro, que são o decímetro (1 m = 10 dm), centímetro (1 m = 10^2 mm = 100 cm) e milímetro (1 m = 10^3 cm = 1000 mm).

$$1 \text{ m}^3 = 1.000.000.000 \text{ mm}^3 = 10^9 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1.000.000 \text{ cm}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ dm}^3$$

Entretanto, uma caixa dessas proporções é demasiada grande para ser trabalhada em laboratório ou para ser usada para fins de distribuição e comercialização de produtos líquidos ao consumidor, de modo que medimos o volume em litros, que é um volume facilmente transportável pelas pessoas. Assim, o litro, unidade popularmente usada, equivale a $0,001 \text{ m}^3$, ou a um decímetro cúbico.

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

A conversão de unidades de metros cúbicos (m^3) para decilitros (dL) e mililitros (mL) se faz da seguinte forma, sabendo-se que temos dez decilitros (dL) e 1000 mililitros (mL) em exatamente um litro (L), que se seguem a partir de cálculos derivados da expressão anterior:

$$1 \text{ m}^3 = 10.000 \text{ dL} = 10^4 \text{ dL}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1.000.000 \text{ mL} = 10^6 \text{ mL}$$

Para sabermos a relação entre um volume de um mililitro equivale a um volume de um centímetro cúbico:

$$1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$$

A densidade volumétrica de um sólido ou líquido que ocupa um espaço volumétrico V e que apresenta massa total m é dada por:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

A água possui uma massa específica de cerca de 1 g/cm^3 correspondendo a 1000 kg/m^3 . Como um volume de um litro de água corresponde a 10^3 cm^3 , 1 litro de água pura terá aproximadamente 1 kg de massa e 1 mL apresentará 1 g de massa.

Não devemos confundir densidade específica μ com densidade volumétrica ρ .

No caso de um fluido, podem existir pequenas bolhas de ar ou impurezas que afetam a massa total da amostra. A densidade específica μ é uma propriedade físico-química intrínseca da matéria pura e homogeneamente distribuída sobre o volume que ocupa, descontando todos volumes de materiais e espaços vazios que não sejam preenchidos por ela.

Assim, um mesmo material com densidade específica μ pode ter diferentes densidades volumétricas ρ dependendo da sua porosidade e das suas microcavidades internas.

Como exemplo, vamos supor que temos uma esfera de um metal com raio R e de massa m . Nesse caso, a densidade específica é igual a densidade volumétrica porque a esfera é homogeneamente preenchida pelo metal no seu interior e seu volume vale:

$$\mu = \rho = \frac{m}{V} \quad \text{e o volume é } V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

Agora, se retirarmos uma esfera de raio r do interior dessa esfera, depois de escavar o seu interior, teremos a densidade específica e a densidade volumétrica dada por expressões matemáticas completamente diferentes.

Depois de remover uma esfera de raio r maciça do interior da esfera original de material com densidade específica μ , sua massa inicial m foi reduzida para uma nova quantidade m_e :

$$m_e = m - \frac{4}{3}\pi \mu r^3$$

A densidade aparente do material (volumétrica) ρ será dada pela nova massa m_e que será menor que m pela cavidade onde material foi removido:

$$\rho = \frac{m_e}{V} \quad \text{e o volume é } V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

Para a densidade específica dessa esfera oca, temos que usar a massa da esfera com a cavidade $m - m_e$ e utilizar a porção volume da esfera inicial que é efetivamente preenchido com material homogêneo, que é o volume da esfera sólida de raio r , que vale $4\pi r^3/3$ antes de produzir a cavidade menos o volume dessa cavidade, que tem raio r e volume de material extraído $4\pi r^3/3$:

$$\mu = \frac{m - m_e}{V_e} \quad \text{e o volume é } V_e = \frac{4}{3}\pi (R^3 - r^3)$$

Note como ficam diferentes as expressões matemáticas necessárias para calcular as duas caracterizações da propriedade de densidade desse caso da esfera oca.

Como a maioria das propriedades de sólidos e líquidos, a densidade varia com a temperatura.

III. A MECÂNICA DOS FLUIDOS

A mecânica dos fluidos possui inúmeras aplicações para entender os processos biofísicos, como a fisiologia das plantas, a concentração de umidade e gases no solo, além do processo de drenagem e irrigação do solo.

Mas vamos começar nosso estudo, descrevendo as equações fundamentais que o leitor deve se acostumar a empregar para a resolução de problemas, que são as seguintes:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad I_\vartheta = \vartheta A \quad Y = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad \vartheta = \sqrt{2gh}$$

$$P = F/A \quad B = -\frac{P}{\Delta V/V} \quad P = P_0 + \rho gh \quad R = \frac{\Delta P}{I_\vartheta}$$

$$P + \rho gy + \frac{1}{2}\rho \vartheta^2 = cte \quad \Delta P = \frac{8\eta L}{\pi r^4} I_\vartheta$$

$$N_R = \frac{2r\rho\vartheta}{\eta}$$

IV. MEDIDAS DE PRESSÃO

Para medirmos pressão, temos a atmosfera que corresponde a $1,01 \times 10^5$ Pa. Um Pa é exatamente 1 N/m^2 , ou seja, a pressão que uma força de 1 N exerce sobre uma área de um metro quadrado.

A uma atmosfera, uma coluna de mercúrio sobe uma altura de 760 mm , de modo que um milímetro de mercúrio (1 mmHg) também chamado de Torricelli (torr) corresponde a $133,32$ pascals.

Logo:

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg} = 133,32 \text{ pascals}$$

E também:

$$1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ torr}$$

1 bar = 10^5 Pa

Para pressões mais altas, temos o bar e o psi onde 1 bar = 0,9869 atm (1 bar = 750,06 torr) e uma libra por polegada quadrada é 1 psi = 0,06804 atm (ou 1 psi = 51,715 torr). Um pneu de automóvel possui uma pressão de 28 psi (igual a 1,9 atm).

Alguns medidores possibilitam as medidas em N/cm^2 , o que corresponde a 75 torr.

O princípio de Pascal afirma que a pressão aplicada a um líquido encerrado em um vaso se transmite, sem qualquer alteração ou diminuição, às paredes do vaso e a todos os pontos no interior do fluido contido nele.

Outro princípio que os fluidos obedecem é o princípio de Arquimedes que afirma que um corpo imerso em um fluido, total ou parcialmente, sofre um empuxo que é igual ao peso do volume do fluido deslocado. A força de empuxo E é dada multiplicando-se o volume do corpo imerso V no fluido pela sua densidade ρ do líquido onde estará sendo submergida. Por exemplo, uma esfera de raio r terá um volume $V = 4\pi r^3/3$ e uma massa $m = \rho_0 V$, mas a força de empuxo será $E = \rho V g$ pois é a densidade do fluido circundante que é empregada no cálculo do empuxo. A força-peso devido a ação da gravidade sobre a esfera é $P = \rho_0 g V$, calculada com a densidade do material da esfera.

O instrumento de medida de pressão é chamado *manômetro*.

Um manômetro simples é o tipo em coluna líquida em "U", onde um tubo transparente possui um líquido como mercúrio ou água colorida e é usado para medir pequenas pressões. O uso da coluna se baseia no princípio que uma pressão aplicada suporta uma coluna líquida contra a atração gravitacional e quanto maior a pressão, maior será o desnível do líquido. O comprimento vertical da escala é graduado em unidades de pressão como milímetros de água ou de mercúrio. No uso desses manômetros, 1 mmH_2O lido na coluna corresponde a 0,07355 mmHg ou 9,806 Pa.

Para melhorar a precisão desse método, temos que considerar os seguintes parâmetros: a expansão da escala graduada, o valor exato da aceleração da gravidade local, a não-verticalidade do tubo, a dificuldade de leitura do menisco líquido pelo efeito da capilaridade e o conhecimento exato da densidade do fluido indicador.

Para pressões maiores, disponibiliza-se os manômetros tipo Bourdon e tipo diafragmas. Ainda há os manômetros tipo fole que são menos

utilizados pois são muito sensíveis a variações de temperatura.

Os Manômetros de diafragmas são usados para pressões entre 5 e 500 mmHg. O ar ou fluido preenche um tambor cilíndrico elástico e a parte móvel do tambor aciona engrenagens que movimentam um ponteiro que indica o valor da pressão em uma escala. Esses manômetros são os utilizados em medidas de pressão arterial sistólica e diastólica pelos profissionais de saúde.

Acima de 500 mmHg, emprega-se manômetros com o tubo de Bourdon que consiste em um tubo de seção oval em forma de "C" espiral ou helicoidal, com uma das extremidades fechada e presa a engrenagens que acionam um ponteiro. Inserindo-se líquido sob pressão, o tubo tende se alinhar com o efeito de movimentar o ponteiro de leitura.

É crescente a tecnologia dos manômetros digitais que empregam sensores piezoelétricos ou tipo cerâmicos, mas são mais empregados na indústria de processos.

V. ESTÁTICA DOS FLUIDOS

A densidade de um fluido é definida como sendo a razão entre a massa m de um fluido em kg pelo volume V que ele ocupa em m^3 .

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Um metro contém 100 cm ou 1000 mm podemos obter os fatores de conversão em unidades cúbicas com facilidade. Vale a pena enfatizar que devemos ter em mente os fatores de conversão de medida entre as várias unidades de peso e volume. Um litro é um volume de um decímetro cúbico. Assim, pode-se derivar que 1 L = $10^3 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3$ e temos que 1 mililitro (1 mL) é, portanto, igual a 1 cm^3 .

Por exemplo, a densidade do sangue é cerca de 1060 kg/m^3 , ou um pouco maior que da água líquida a temperatura ambiente. Na prática, a densidade de líquidos é uma grandeza que depende da temperatura.

A pressão é definida como a razão da força aplicada por unidade de área dos corpos onde ela atua, sendo medida em N/m^2 , que equivale a um Pascal (1 Pa).

$$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

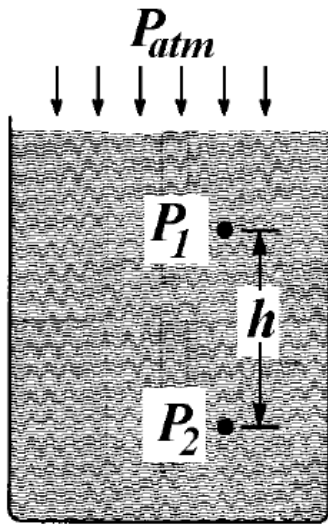


Figura 1: A diferença de pressão entre dois pontos de profundidades diferentes é $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho gh$.

Supondo um frasco aberto (Figura 1) que contenha líquido de densidade ρ e que desejamos determinar a diferença de pressão entre dois pontos P_1 e P_2 com uma diferença de altura h entre eles. Assim, P_1 é a pressão atmosférica mais a pressão devido a altura da coluna de líquido que tem profundidade h_1 e a pressão P_2 é a pressão da coluna de altura h_2 mais a pressão atmosférica. Entretanto, a diferença de pressão $\Delta P = P_2 - P_1$ só depende da altura da coluna de líquido entre os dois pontos mas não da pressão atmosférica na superfície do líquido no recipiente.

Se P_{atm} for a pressão que age sobre a superfície do líquido, sendo a atmosférica de 1 atm quando a superfície estiver exposta ao ar livre, a pressão total em um ponto situado na profundidade h do líquido é dada por:

$$P_1 = P_{atm} + \rho gh_1 \quad P_2 = P_{atm} + \rho gh_2 \quad (3)$$

Para duas posições de profundidades diferentes $h = h_2 - h_1$ dentro de uma coluna de líquido, a diferença de pressão entre elas é independente da pressão externa aplicada na superfície do líquido e de qualquer dimensão horizontal do recipiente. Essa diferença de pressão depende somente da densidade do fluido, da diferença de profundidade e do valor da aceleração da gravidade $g=9,8 \text{ m/s}^2$.

$$P_2 - P_1 = P(h_2) - P(h_1) = \rho g(h_2 - h_1) = \rho gh \quad (4)$$

Em condições ambientais, o efeito da pressão atmosférica é de produzir uma compressão desprezível em líquidos, mas sob pressões consideravelmente mais elevadas, ocorre uma variação de volume $-\Delta V$ onde o sinal negativo implica que a ação de uma pressão P provoca uma variação de volume $\Delta V = V_2 - V_1$ que tende a reduzir o volume

original V que existia antes da aplicação da força de compressão que se estende por todo o fluido com uma pressão P , de acordo com o princípio de Arquimedes (Figura 2).

O módulo de compressibilidade B é definido como o produto da pressão vezes a variação fracional de volume do líquido que é comprimido.

$$B = -\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial P} = -\frac{P}{\Delta V/V} \quad (5)$$

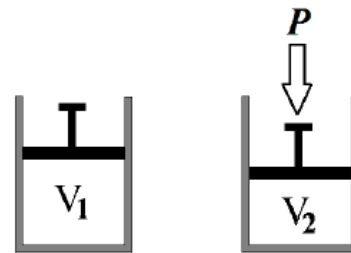


Figura 2: Geometria para determinação do coeficiente de compressão de um fluido.

Para gases, os módulos de compressibilidade volumétrica são muito elevados enquanto que para sólidos como o metal e o concreto são valores muito baixos. Valores de B para líquidos são intermediários entre os gases e os sólidos.

$$\kappa = \frac{1}{B} = -\frac{\Delta V/V_1}{P} \quad \Delta V = V_2 - V_1 \quad (6)$$

A quantidade inversa do módulo de compressibilidade é o coeficiente de compressibilidade κ e quanto mais difícil for comprimir um material menor será a variação relativa $\Delta V/V_1$ para uma dada pressão e menor será o coeficiente de compressibilidade κ . Os termos coeficiente de compressibilidade e a compressibilidade são sinônimos na literatura.

Considerando a compressão de uma coluna de fluido de comprimento inicial L_1 , que sofre uma variação de comprimento $\Delta L = L_2 - L_1$ pela aplicação de uma pressão P , o *módulo de Young* é definido pela seguinte expressão:

$$Y = \left(\frac{L_1}{\Delta L} \right) P \quad (7)$$

Se um copo de líquido com densidade ρ tiver sua extremidade superior aberta, a existência de um orifício a uma profundidade h de uma profundidade y inferior à superfície do líquido fará com que apareça um jato de líquido com velocidade ϑ , sendo que a equação dessa velocidade é conhecida como *equação de Torricelli*:

$$\vartheta = \sqrt{2gy} \quad (8)$$

Usando a energia potencial gravitacional $E_p = mgy$ e igualando à energia cinética do líquido quando emerge pelo orifício $E_k = m\vartheta^2/2$, obtemos a velocidade de escoamento do líquido pelo orifício. Para $m = \rho V$ sendo a massa que é perdida do líquido contido pelo escoamento em um instante de tempo Δt , obtemos a equação acima. Isso implica que a velocidade do escoamento do fluido é igual àquela obtida se o líquido estivesse em queda livre.

A vazão do líquido que escoar pelo orifício cuja velocidade é dada pela equação de Torricelli é simplesmente $I_\vartheta = A\vartheta = A\sqrt{2gy}$.

A vazão do líquido que escoar pelo orifício cuja velocidade é dada pela equação de Torricelli é simplesmente $I_\vartheta = A\vartheta = A\sqrt{2gy}$.

Em geral, podemos ter frascos de líquidos de formato retangular com lado l , onde a área de seção reta seja $A = l^2$. Para tubos de área de seção reta cilíndrica de raio r interno, temos $A = \pi r^2$. Para vasos de seção reta elíptica com semi-eixo maior a e semi-eixo menor b , a área de seção reta elíptica é $A = \pi ab$.

A Figura 3 mostra a geometria das forças para a definição quantitativa de *empuxo* que é uma força que o fluido exerce sobre o corpo, na mesma direção e sentido contrário à força da gravidade que sempre age sobre o centro de massa do corpo.

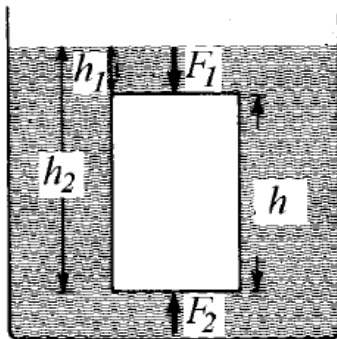


Figura 3: Geometria para determinação do empuxo que um fluido exerce sobre um corpo.

Quando um corpo cilíndrico de volume $V = Ah$,

onde A é a área da base do cilindro e h é a sua altura, é submerso totalmente em um recipiente contendo um fluido, as forças causadas pela pressão que é recebida por toda a superfície lateral do cilindro possuem resultante nula.

Entretanto, a pressão na face superior do cilindro é devido à coluna de líquido entre a face e a superfície do líquido, já que a face superior está a uma profundidade h_1 dela. A face inferior do cilindro está a uma profundidade h_2 , de modo que a diferença de profundidades é $h = h_2 - h_1$ ou a própria altura do cilindro. A pressão no topo do cilindro será $P_1 = \rho gh_1$ enquanto que a pressão que age no fundo do cilindro será $P_2 = \rho gh_2$. Como essas pressões são diferentes entre si e ambas agem sobre uma mesma área A na tampa e no fundo, teremos uma pressão resultante diferente de zero $\Delta P = P_2 - P_1$. Essa variação de pressão, ΔP , vezes o valor da área A da base do cilindro, é igual a uma força líquida que tende a empurrar o cilindro de baixo para cima.

Essa força é o *empuxo* E sofrido por um corpo cujo volume V está submerso em um fluido de densidade ρ , definido pelo princípio de Arquimedes. O empuxo, vale, em Newtons:

$$E = F_2 - F_1 = (P_2 - P_1)A = \rho gA(h_2 - h_1)$$

$$E = \rho gAh$$

Usando a aceleração da gravidade $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, e como $Ah = V$ é o volume do cilindro submerso que corresponde ao volume de líquido deslocado dentro do frasco, temos que:

$$E = \rho gV \quad (9)$$

Logo, foi provado que o empuxo é o peso do volume de líquido deslocado que é igual ao volume submerso do corpo. Se constata em laboratório de hidráulica que a demonstração feita para a análise do cilindro submerso se aplica para corpos de qualquer formato e corpos de formas diferentes apresentarão o mesmo empuxo, desde que o volume seja o mesmo.

VI. ESCOAMENTO DE FLUIDOS IDEAIS

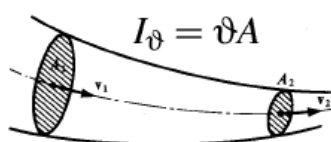
A densidade da quantidade de movimento do líquido que flui por um tubo J é o produto da densidade ρ e a velocidade média de fluxo do líquido ϑ .

$$J = \rho\vartheta \quad (10)$$

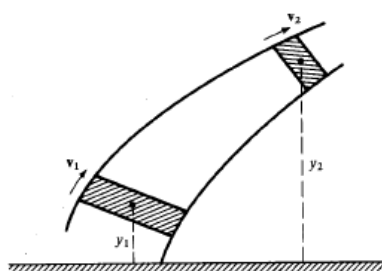
Como $m = \rho V$, a energia cinética é dada por $E_k = m\vartheta^2/2$. Dividindo-se a energia cinética pelo volume V , temos a energia cinética por unidade de volume que é a *densidade de energia cinética* η_K que pode variar com a posição do líquido dentro do tubo e com o tempo.

$$\eta_K = \frac{\rho}{2V} V \vartheta^2 = \frac{1}{2} \rho \vartheta^2 \quad (11)$$

Observando essa expressão, podemos concluir que η_K é o produto da densidade de corrente $J = \rho\vartheta$ pela metade da velocidade resultante de escoamento das partículas ϑ que compõem o fluido em movimento.



equação da continuidade



equação de Bernoulli

Figura 4: No topo da figura, temos a geometria de aplicação da equação da continuidade onde o produto da área pela velocidade do escoamento Av independe da posição dentro do tubo. Abaixo, temos a geometria de aplicação da equação de Bernoulli.

Para um fluxo de regime estável, a velocidade ϑ é independente do tempo, mas certamente pode depender da posição.

Todo elemento de fluido que sai de um ponto a outro segue uma trajetória chamada *linha de corrente*. Duas linhas de corrente nunca podem se cruzar pois, se isso acontecesse, em um dado ponto teríamos uma molécula de fluido com duas velocidades diferentes, o que não pode acontecer. Um feixe de linhas de corrente forma um tubo de fluxo. Qualquer caso de escoamento laminar em um tubo pode ser considerado como um tubo de fluxo confinado cuja direção de fluxo é paralela à superfície da terra, é em cada ponto, a densidade de energia cinética é constante.

A vazão do líquido em um tubo de fluxo é dada pelo produto da velocidade do líquido pela área de seção reta do tubo naquele ponto.

$$I_{\vartheta} = A\vartheta \quad (12)$$

A unidade de medida da vazão é $m^2 m s^{-1}$, ou m^3/s , ou seja, volume por unidade de tempo. Outras medidas são litros por segundo ou mililitros por segundo.

A equação de continuidade é um enunciado de significado equivalente da conservação da massa. Para um fluxo em regime estacionário, cada elemento de massa do fluido que entra por uma extremidade do tubo de fluxo sai por outra extremidade do tubo de fluxo, de modo que moléculas do fluido não podem ser criadas nem destruídas localmente.

Como a equação de continuidade nos diz que o volume de fluido que passa através de cada ponto do tubo de escoamento é constante, podemos escrever essa equação como:

$$JA = \text{constante} \quad (13)$$

Assim sendo, o vetor velocidade das linhas de fluxo é sempre normal ao plano da área de seção reta do tubo por onde o fluido escoava. Usando a definição de $J = \vartheta\rho$, temos que a equação da continuidade pode ser reescrita em uma forma equivalente:

$$\rho\vartheta A = \text{constante} \quad (14)$$

Se o fluido for incompressível, dois pontos diferentes ao longo do tubo apresentarão a mesma vazão (Figura 4):

$$A_1\vartheta_1 = A_2\vartheta_2 \quad (15)$$

A equação de Bernoulli é dada pela conservação da energia total do fluido contido em um tubo de fluxo, representada pelas componentes:

- Energia de fluxo: energia que o fluido contém devido à pressão que possui;
- Energia Potencial Gravitacional: energia devido à altitude que um fluido possui;
- Energia Cinética: energia devida à velocidade do fluido.

A equação é definida pela seguinte soma de quantidades em cada ponto do escoamento, que é uma constante em qualquer posição ao longo do tubo de fluxo.

$$P + \rho gy + \frac{1}{2}\rho v^2 = cte \quad (16)$$

Para podermos aplicar essa equação, temos que entender seus elementos. P é a pressão absoluta em um ponto da linha de corrente, v é a velocidade de fluido nesse ponto, y é a altura desse ponto acima do nível de referência na qual a energia potencial gravitacional é arbitrariamente escolhida como zero, como na superfície de uma mesa ou na superfície do chão (Figura 4, porção inferior).

A equação de Bernoulli pode ser aplicada em qualquer fluxo de regime estável, não-rotacional, incompressível e não-viscoso. Essas condições determinam o regime de escoamento de fluidos ideais, onde todas as equações apresentadas nessa seção podem ser aplicadas.

Ainda temos o *efeito Venturi* que afirma que quando a velocidade de um fluido aumenta, a pressão diminui nas bordas do fluxo.

VII. ESCOAMENTO DE FLUIDOS REAIS

Na prática, a física costuma classificar os regimes de fluxos de fluidos de quatro formas:

1. *Regime estável ou regime variável*: Se a velocidade do líquido v é uma quantidade independente do tempo t se diz que o fluido possui regime estacionário. Isso significa que em um ponto qualquer do fluido, a velocidade média de suas moléculas é sempre a mesma. No regime de velocidade variável, as velocidades são dependentes do tempo;
2. *Compressível ou incompressível*: Se a densidade do líquido for uma constante, ρ será uma constante independente da posição dentro do tubo escoador e do tempo. Enquanto que isso não é bem verdade para escoamento de gases em tubulações, para líquidos pode-se considerar o escoamento incompressível;
3. *Viscosos ou não-viscosos*: A viscosidade de líquidos é uma propriedade onde ocorre dissipação de energia cinética das suas moléculas pelas forças de atração eletrostáticas intermoleculares e pelas forças de atração moleculares com as paredes do tubo. Ocorre

também perda de energia por interações colisionais entre as moléculas e as paredes do recipiente que as contém. Logo, a viscosidade é equivalente ao atrito mecânico entre corpos que dissipa energia cinética, convertendo-a em calor que é cedido ao ambiente;

4. *Rotacionais ou não-rotacionais*: Se um elemento de fluido em algum ponto dentro do tubo não possua movimento de rotação ao redor de um centro de curvatura, o fluido que passa por esse ponto participa de um escoamento não-rotacional local. Se isso não é verificado para todos os elementos do líquido, o fluxo é totalmente não-rotacional. Uma roda de pás colocada dentro do líquido não pode girar e se desloca sem rotação em um fluxo não-rotacional e suas pás giram se o fluido tiver um escoamento rotacional;
5. *Turbulento e não-turbulento*: Quando os vetores-velocidade de uma porção de fluido dentro de um escoamento maior apresentar uma componente imprevisível e randômica, essa aleatoriedade caracteriza fluidos turbulentos. Escoamentos laminares, por definição, são não-turbulentos. A transição entre regimes turbulentos e não-turbulentos depende de um parâmetro chamado viscosidade do gás.

VIII. VISCOSIDADE

A viscosidade se deve à aderência entre as forças eletrostáticas de interações moleculares entre si e dessas com a parede do vaso. Ela se caracteriza como a habilidade que o líquido tem para fluir. Quanto maior for as forças intermoleculares do fluido, maior será a dificuldade do líquido escoar. Um fator que está relacionado a capacidade do líquido fluir é a temperatura do mesmo. Em que o aumento da temperatura do líquido diminui a viscosidade do mesmo.

Deve se ter em mente que a viscosidade e a densidade dos líquidos não são a mesma coisa. Muitos confundem, dizendo que são sinônimas e estão relacionadas, entretanto, um líquido mais viscoso, não necessariamente será mais denso. Um exemplo disso é a água e o óleo de cozinha, sendo a água mais densa e menos viscosa que o óleo.

As unidades de medida de viscosidade é em Pascals vezes segundo, que é numericamente igual a 10 poise, ou seja, $1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = 10 \text{ poise}$. Por

exemplo, a densidade do sangue é cerca de 1060 kg/m^3 e a viscosidade do sangue é $4 \text{ mPa}\cdot\text{s}$.

Quando o tubo de fluxo não for paralelo à superfície da terra, teremos que considerar a ação da gravidade que tem o efeito de puxar o líquido continuamente na direção do centro de massa do planeta e cabe a equação de Bernoulli para descrever esse comportamento.

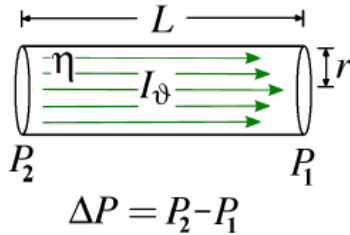


Figura 5: Geometria de aplicação da equação de Poiseuille escoamento de fluido real.

A equação de Poiseuille descreve o movimento de um líquido com viscosidade η em um tubo de comprimento L , de raio de seção reta circular r e área $A = \pi r^2$, conforme a figura.

Uma diferença de pressão $\Delta P = P_2 - P_1$ com $P_2 > P_1$ nas extremidades do tubo gera uma vazão $I_\vartheta = \vartheta A$ com fluxo de líquido fluindo da extremidade do tubo onde a pressão é maior até a outra extremidade onde a pressão é menor (Figura 5).

$$\Delta P = \frac{8\eta L}{\pi r^4} I_\vartheta \quad (17)$$

O número de Reynolds N_R é dado pela seguinte fórmula e descreve a transição entre fluxos laminares e turbulentos.

$$N_R = \frac{2r\rho\vartheta}{\eta} \quad (18)$$

Se o $N_R > 3000$, temos um fluxo com características puramente turbulentas, enquanto que se $N_R < 2000$ temos um fluxo laminar. Dentro desses limites, o fluxo é instável e pode passar de um tipo de escoamento para o outro.

A Figura 6 mostra as características das linhas de fluxo para o fluido laminar (a) e as linhas de fluxo turbulento (b).

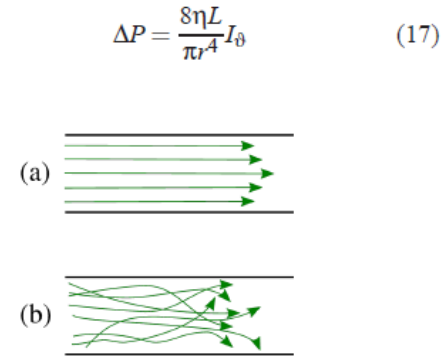


Figura 6: Caracterização do escoamento de um perfil laminar (a) versus escoamento turbulento (b) para fluidos reais.

Como explicado anteriormente, a viscosidade pode ser imaginada como o atrito interno de um fluido. Experimentalmente, determinamos que seu valor é diretamente proporcional à área total da superfície de contato entre planos de velocidade ao longo de cilindros paralelos às linhas de fluxo e de área "A", e a diferença de velocidade $d\vartheta$ entre essas áreas, sendo também inversamente proporcional à distância que as separa dy . A força de atrito viscoso F_v é definida por:

$$F_v = \eta A \frac{d\vartheta}{dy} \quad (19)$$

A constante de viscosidade η é determinada por diversos aparelhos que funcionam como variações de aplicação dessa equação. Na prática, a viscosidade de líquidos é fortemente dependente da temperatura, quanto maior for a temperatura, menor será a viscosidade do líquido. Outras unidades de medida do coeficiente de viscosidade além do $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ é o $\text{dina}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ que é historicamente chamada de Poise.

Quando um fluido viscoso se move ao redor de uma esfera com movimento estacionário ou quando uma esfera desliza no interior do fluido viscoso em repouso, ocorre uma força resistente F_S ao movimento da esfera, a qual cai com uma velocidade constante pois a força resistente ou "de arraste" se torna igual em módulo à força gravitacional que puxa a esfera na direção do fundo do frasco que contem esse líquido. Essa velocidade constante ϑ_t de queda pela neutralização da força gravitacional pela força de atrito viscoso é chamada de *velocidade terminal* ou velocidade-limite da queda da esfera.

Se r é o raio da esfera, ϑ_t é a velocidade terminal de queda da esfera no líquido, a força de arraste é dada pela *Lei de Stokes* em um fluido com coeficiente de viscosidade η :

$$F_S = 6\pi\eta r\vartheta_t \quad (20)$$

$$F = ma = P_e - E - F_S$$

A força resultante é zero quando a velocidade terminal constante é atingida pois a esfera cai com aceleração nula. O peso $P_e = mg$ da esfera de massa $m = \rho_o V$, $V = 4\pi r^3/3$ é o volume da esfera, $E = \rho_0 g V$ é o empuxo da esfera totalmente imersa no líquido.

Completando a substituições dessas equações, temos:

$$\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)g = \rho g \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) - \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)\rho_0 g - 6\pi\eta r\vartheta_t$$

Se ρ_0 for a densidade do material que compõe a esfera, ρ e η forem a densidade e viscosidade do líquido, respectivamente, isola-se a velocidade-limite ϑ_t de queda da esfera:

$$\vartheta_t = \frac{2gr^2}{9\eta}(\rho - \rho_0) \quad (21)$$

Esse método de queda de esfera é o meio mais barato de medir a viscosidade de um líquido aquecido a uma dada temperatura.

Se R_V for a resistência vascular do movimento do tubo de fluxo, a equação de Poiseuille determina que a vazão é diretamente proporcional a $\Delta P = P_2 - P_1$ e a constante de proporcionalidade R_V depende da viscosidade e das características mecânicas de construção do tubo que o conduz (raio r e comprimento L). Logo:

$$\Delta P = R_V I_\vartheta = R_V \frac{8\eta L}{\pi r^4} \quad (22)$$

A constante R_V é conhecida como impedância vascular ou *resistência vascular* que o tubo oferece ao escoamento.

A resistência vascular é inversamente proporcional à quarta potência do raio do tubo e diretamente

proporcional ao comprimento do tubo e à viscosidade que o líquido possui.

O caráter de movimento do líquido é determinado pelo número de Reynolds adimensional, que é uma magnitude - ou número - que depende inclusive do formato do tubo que conduz o fluido.

A viscosidade cinemática η_c é outra quantidade que aparece na literatura e é obtida pela razão entre a viscosidade η e a densidade do líquido ρ .

$$\eta_c = \frac{\eta}{\rho} \quad (23)$$

Em laboratórios de caracterização biofísica de fluidos, temos um instrumento chamado de viscosímetro de Saybolt, o viscosímetro de Ostwald e o viscosímetro de rotação que são outras alternativas para medida da viscosidade η para amostras com melhor precisão que o método da esfera.

Experimento 6 - Determinação do coeficiente de viscosidade

Lista de materiais:

- Quatro esferas de aço maciço com diâmetros conhecidos;
- Uma proveta de 100 mL;
- Um cronômetro digital;
- Um termômetro de laboratório;
- 100 mL de glicerina;
- Uma pinça metálica.

Neste experimento será determinado o coeficiente de viscosidade da glicerina, utilizando-se para isto, esferas de mesmo material (aço) de diferentes raios e massas.

Para tanto, inicialmente mede-se a temperatura da glicerina. T: _____ °C

Preencha a proveta com glicerina, bem acima da marca dos 100 mL. Com o cronômetro marque o tempo que a esfera levará para atingir o fundo da proveta, comece a contar o tempo a partir da marca dos 100 mL. Repita esse processo para as 4 esferas. Preencha os dados na tabela abaixo.

Esfera	Raio r (m)	Tempo queda t (s)	Velocidade ϑ_t (m/s)
1	$4,04 \times 10^{-3}$		
2	$3,25 \times 10^{-3}$		
3	$2,50 \times 10^{-3}$		
4	$2,02 \times 10^{-3}$		

Para calcular a velocidade que cada esfera levou para percorrer a distância vertical h dentro da proveta, utiliza-se a seguinte equação.

$$v_t = \frac{h}{t} \quad (24)$$

Em que h é a altura do proveta, t o tempo decorrido da queda e v_t é a velocidade terminal.

A glicerina apresenta uma densidade de $1,26 \text{ g/cm}^3$.

A esfera de aço apresenta uma densidade de $7,86 \text{ g/cm}^3$.

Utilize os valores da esfera 1 e calcule o coeficiente de viscosidade da glicerina (η_g), em milipascals-segundos.

$$\eta_g = \text{_____ mPa.s}$$

Em seguida faça o gráfico do $\log \vartheta_t$ versus o $\log r$.

Esfera	$\log \vartheta_t$	$\log r$
1		
2		
3		
4		

Questão 6.1 Analizando o gráfico, o que se pode concluir sobre a viscosidade da glicerina e das substâncias em geral ?

Questão 6.2 Cite e argumente os possíveis erros de medidas no experimento realizado. Considerando que o coeficiente de viscosidade da glicerina é $1,48 \text{ Pa.s}$.

Questão 6.3 Ao invés da glicerina, se utilizássemos o mel, com coeficiente de viscosidade $59,60 \text{ mPa.s}$. Qual seria a velocidade de queda das esferas de aço ?

Experimento 7 - Medida de concentração de soluções salinas

Para medir a concentração de sais em uma solução salina, emprega-se um instrumento conhecido como Aerômetro de Baumé. O nome "aerômetro", embora popular, é de uso incorreto porque originalmente os aerômetros foram desenhados para medir densidades de gases.

Os aerômetros são tubos de vidro de espessura padrão (Figura 7), que são largos na parte inferior. Nessa parte inferior possui várias microesferas de calibração coladas ao fundo, de modo que a densidade volumétrica média do aparelho é tal que pode permanecer parcialmente submerso em soluções aquosas. Mergulhando o aerômetro em água destilada, ele permanece orientado verticalmente e obtemos a calibração da escala de concentração iônica zero que está gravada na porção mais estreita do tubo.

A adição de sais na água destilada faz com que a densidade volumétrica desse líquido aumente, variando o empuxo porque o aparelho tem uma densidade aparente padrão. Pela variação do empuxo, o princípio de Arquimedes aplicado ao aerômetro afirma que ele será empurrado para cima com uma força diretamente proporcional à densidade.

Se a solução salina for feita dissolvendo-se um único tipo de sal inorgânico em água, a densidade será proporcional a concentração iônica da solução e o aparelho subirá à superfície de forma linear

com as variáveis concentração e densidade.

Na porção mais estreita, temos a graduação de concentração em graus Baumé. A leitura dessa graduação se faz no ponto da escala que fica junto à superfície do nível da solução do recipiente.

O aerômetro de Baumé é, portanto, um densímetro que mede baixas variações de densidade ao redor da densidade da água pura e deve ser mantido livre dentro da amostra de solução cuja concentração deve ser determinada, sendo capaz de medir pequenas variações de densidade devido a adição de soluto ou remoção do solvente.

Como a densidade varia muito com a temperatura, em relação aos sólidos, deve-se tomar as leituras depois de anotar a temperatura da solução, medida com um termômetro de imersão.

Para líquidos menos densos que a água a 15°C, temos que 10 grau Baumé (°Bé) correspondem a água destilada com densidade 1,000 g/cm³. Uma graduação de 70°Bé corresponde a 0,706 g/cm³.

Para líquidos mais densos que a água, zero graus Baumé corresponde a densidade padrão da água pura 1,000 g/cm³ enquanto que 60 °Bé correspondem a uma densidade de 1,711 g/cm³.

Lista de materiais:

- Cloreto de sódio (NaCl) ou sal fino de cozinha ;
- Uma balança digital pequena com 500 g de capacidade com precisão de 0,1 gramas;
- Um béquer plástico de 500 mL;
- Uma proveta graduada de vidro de 250 mL;
- Um aerômetro de Baumé com escala de 0 a 30°Bé e subdivisões de 0,2°Bé;
- Um termômetro analógico ou digital de -10 a 110°C de escala;
- Espátula plástica para homogeneizar.

Questão 7.1 - Dissolvendo gradativamente NaCl em água destilada para fazer uma salmoura, faça uma curva de calibração de graus Baumé versus concentração de NaCl na salmoura em % para o seu aerômetro. Antes, calcule quanto sal deve ser colocado em uma amostra de água de 250 mL para subir a concentração em intervalos de 2%.

Sendo que a concentração em porcentagem volumétrica corresponde a quantas gramas de soluto é dissolvida a cada 100 mL de solvente. Logo, se colocarmos 400g de NaCl em 2 litros d'água, temos o equivalente a 200 g a cada litro, ou 20 g a cada 100 mL e, portanto, é uma salmoura a 20%.

Preencha a tabela a seguir com seus dados e faça o gráfico em papel milimetrado. *Anote a temperatura no canto superior do seu gráfico.*

Divida o trabalho de homogeneizar a mistura com um colega, dissolvendo completamente o sal adicionado à amostra com a espátula.

Temperatura: _____ °C

Concent. (%)	Graus Baumé (°Bé)	Concent. (%)	Graus Baumé (°Bé)
0%		14%	
2%		16%	
4%		18%	
6%		20%	
8%		22%	
10%		24%	
12%		26%	

Discuta seus resultados com seu colega e reinterprete as variáveis que atuam e interferem no processo de medida e que podem ser fontes de erros experimentais.

Questão 7.2 - Cite três fontes de erro experimentais envolvidos em todo o processo de coleta de dados e que podem interferir na produção da curva de calibração do aerômetro usado nesse experimento.

Fórmulas matemáticas estão disponíveis para calcular os pontos da escala de Baumé para medir a densidade da solução de salmoura e a densidade, a uma temperatura padrão de 15,6°C (ou 60 F).

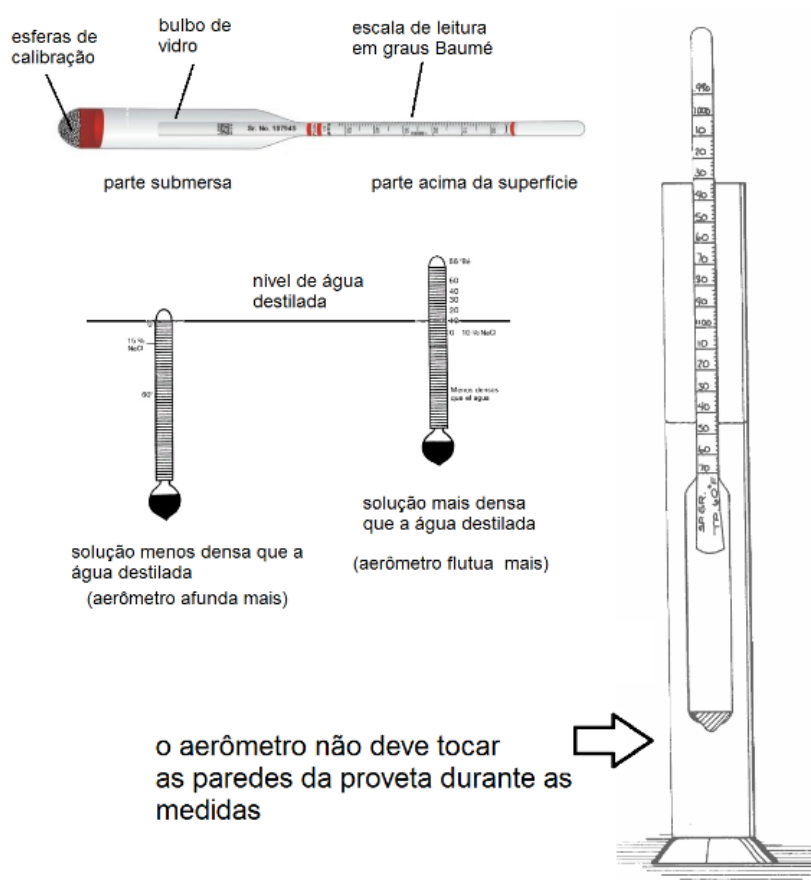


Figura 7: Modo de uso de um aerômetro de Baumé.

Para soluções menos densas que a água, a densidade da solução será menor que $1,000 \text{ g/cm}^3$, correspondendo à seguinte graduação na escala para a densidade do líquido expressa em g/cm^3 :

$$^{\circ}\text{Bé} = \left(\frac{140}{\rho} \right) - 130$$

Enquanto que para fluidos mais densos que a água terão densidades ρ maiores que $1,000 \text{ g/cm}^3$, dadas pela seguinte expressão:

$$^{\circ}\text{Bé} = 145 - \left(\frac{145}{\rho} \right)$$

A escala em $^{\circ}\text{Bé}$ é uma escala adimensional e tem vários significados dependendo do setor de produção de alimentos aonde é aplicada.

Na indústria do queijo, usamos salmoura a 20% para submersão dos queijos prensados antes da maturação em estantes, emprega-se em média, de 2 a 3 litros por quilograma de queijo. O queijo deve ser lavado a uma temperatura de salmoura de 10 a 12°C. Essa salmoura, em particular, corresponde entre 18 e 22°Bé, ou entre 20 e 21% de concentração volumétrica da solução de NaCl, com uma temperatura de medida de 20°C.

Nessa temperatura de 20°C, 20% de salmoura corresponde a uma densidade de $1,143 \text{ g/cm}^3$ ou 18°Bé.

Questão 7.3 - Explique como você utilizaria a técnica dos aerômetros para medir líquidos como o etanol, cuja densidade dessa substância pura é $0,789 \text{ g/cm}^3$.

Questão 7.4 - Explique como você pode veri-

ficar se a gasolina está aduterada, com adição maior de etanol que o permitido por lei, que é entre 19 e 21%. A densidade da gasolina pura é entre 0,72-0,76 g/cm³ a 4°C.

Questão 2.5 - Para fazer apresuntado de peru, coloca-se ingredientes dissolvidos em salmoura-base a 4°C misturados ao peito de peru moído em uma misturadeira. A norma recomenda ao técnico em alimentos que 3,60 kg de sal fino sejam dissolvidos em 36,6 litros de água para cada lote de 72,5 kg de peito de peru. Quantos graus Baumé você espera para essa salmoura antes de adicionar os demais ingredientes? Qual é a densidade da salmoura ?

IX. TENSÃO SUPERFICIAL

Uma molécula no interior de um fluido sempre está submetida a forças de atração de todas as direções e, se considerarmos um intervalo de tempo suficientemente longo, a soma vetorial dessas forças é zero. Entretanto, uma molécula na superfície de um líquido está submetida a uma força coesiva que é perpendicular à superfície de modo que é necessário realizar um trabalho mecânico para levar as moléculas até a superfície ou fazer com que elas evaporem para a atmosfera.

A força intermolecular de atração entre as moléculas do mesmo tipo se chama coesão enquanto que a força intermolecular de atração entre as moléculas que não são iguais se chamam adesão.

Vamos entender a tensão superficial na seguinte forma: uma molécula que está na metade da altura de um copo d'água está rodeada de um número incontável de moléculas do mesmo tipo em todas as direções radiais com respeito ao seu centro e, portanto, permanece em equilíbrio. A Figura 8 mostra as forças que uma molécula percebe no interior da superfície, na posição A.

Uma molécula que esteja mais próxima à borda (posição B), percebe forças atrativas em maior quantidade devido a moléculas na parte inferior do copo abaixo dela e a força atrativa é de menor intensidade devido às moléculas que estão acima dela.

Uma molécula na superfície, ou na posição C na Figura 8, não possui força exercida para cima, porque todas as outras moléculas do copo estão abaixo dela, de modo que a força resultante de to-

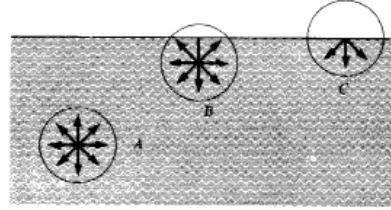


Figura 8: A atração por forças intermoleculares de natureza eletrostática definem a propriedade macroscópica da formação de superfícies líquidas.

das as forças intermoleculares que agem sobre ela ocorre na direção do fundo do copo.

Considerando uma membrana na superfície constituída por moléculas aderentes ao restante das moléculas presentes no líquido do copo produz uma força equivalente de contração da superfície total do líquido como se fosse uma membrana elástica.

A essa tendência contrátil que determina as propriedades da superfície dos líquidos produzem um fenômeno de *tensão superficial*.

O trabalho dW que se deve fazer para aumentar a superfície da membrana de líquido é diretamente proporcional ao incremento de altura da superfície, conforme previsto pela lei de Hooke para deformação de corpos elásticos $F_r = -kx$, onde F_r é a força restauradora da membrana, x é a amplitude do deslocamento da membrana com respeito à posição de equilíbrio e k é o coeficiente elástico efetivo do material elástico. Por analogia, se dW for a quantidade de trabalho gerada por uma deformação dx perpendicular ao plano da membrana e se σ for o *coeficiente de tensão superficial* da membrana superior do líquido, temos que o trabalho mecânico dW para aumentar a área da superfície líquida de uma quantidade de área dA é dada por $dW = \sigma dA$.

Para uma membrana retangular, como a superfície de um copo d'Água, o coeficiente de tensão superficial é dada por:

$$\sigma = \frac{dW}{dA} = \frac{F\Delta x}{2l\Delta x} = \frac{F}{2l} \quad \text{N/m} \quad (25)$$

Uma gotícula d'água consiste em uma esfera de raio r e com área de superfície externa $A = 4\pi r^2$. Para aumentar a superfície externa dessa gotícula de uma quantidade dA , pelo meio de um incremento de raio dr , deve-se realizar um trabalho dW igual a energia armazenada pela superfície pelo fenômeno de tensão superficial, dada por:

$$dW = \Delta P A \Delta r = \sigma dA \quad \Delta P = \frac{\sigma dA}{A dr} \quad dA = 8\pi r dr \quad (26)$$

A variação de pressão ΔP é obtida isolando-se essa quantidade entre essas expressões:

$$\Delta P = \frac{\sigma(8\pi r)}{A} = \frac{\sigma(8\pi r)}{4\pi r^2} = \frac{2\sigma}{r} \quad (27)$$

Uma gotícula de líquido contém um interior fluido e é diferente de uma bolha, onde dentro e fora dela temos ar ambiente e somente existe fluido dentro da membrana final. Assim, em uma bolha no ar, temos que multiplicar essa variação de pressão por dois, pois temos um raio interno e um raio externo para a bolha, sendo que para bolhas finas, temos que esses raios são aproximadamente iguais. Logo, pensando em uma bolha de sabão, temos que, para bolhas de grande diâmetro e parede fina:

$$\Delta p = \frac{4\sigma}{r}$$

X. CAPILARIDADE

Um tubo fino, de extremidades abertas se denomina *tubo capilar* pela semelhança a um fio de cabelo. Quando uma das extremidade abertas for mergulhada em um frasco contendo um líquido composto de moléculas polares, ocorre que haverá a subida de uma coluna de líquido conforme mostra a Figura 9.

Observa-se que quando um tubo capilar é imerso em um copo d'água, uma coluna de líquido até uma certa altura, devido a uma diferença de pressão entre o interior do tubo que se deve a força de atração que é transversa ao plano da parede do tubo, fazendo um ângulo θ entre o eixo do vetor força resultante que age sobre a molécula e o plano normal à parede do tubo, sendo que esse ângulo é chamado de *ângulo de contato*.

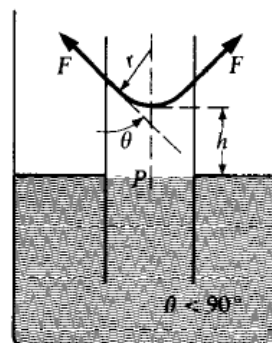


Figura 9: Geometria para determinação das propriedades do menisco capilar, onde $\theta < 90^\circ$

Como o raio R da esfera é $R = r/\cos \theta$ e r é o raio do tubo. A pressão p_m embaixo do menisco para um líquido polar com coeficiente capilar γ é dada por:

$$p_m = p_0 - \frac{2\gamma}{R} = p_0 - \frac{2\gamma \cos \theta}{r} \quad (28)$$

A pressão no ponto P é dada por $p_m + \rho gh$, de modo que

$$P = p_0 - \frac{2\gamma \cos \theta}{r} + \rho gh \quad (29)$$

Como essa quantidade deve ser igual à pressão atmosférica para manter o equilíbrio, temos que:

$$p_0 = p_0 - \frac{2\gamma \cos \theta}{r} + \rho gh \quad (30)$$

Isolando h , temos a *equação de Jurin* para a altura da coluna capilar:

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r} \quad (31)$$

Logo, a altura do líquido composto de moléculas polares no tubo capilar é inversamente proporcional ao raio do tubo e a mesma equação serve para o caso de depressão capilar que é observada em líquidos apolares.

Experimento 8 - Análise de interações moleculares por meio da capilaridade

Uma das experiências que podemos observar o fenômeno da tensão superficial, é mergulhando parcialmente um tubo capilar em um recipiente contendo determinado líquido. Sendo esse líquido a água, observa-se a formação de um menisco côncavo no tubo e uma ascensão do líquido no capilar, conforme mostra a Figura 10. Se o líquido for o mercúrio, observa-se a formação de um menisco convexo, com uma depressão do líquido no capilar.

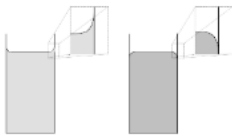


Figura 10: Curvatura da superfície de um líquido próximo a parede do tubo.

No caso da água, as forças de adesão entre suas moléculas e a parede do tubo, são maiores que as de coesão da própria água. Desta forma, tem-se a tendência da água de aderir ao tubo, curvando-se para cima na proximidade do tubo, formando o menisco côncavo. Com relação ao mercúrio, ocorre o inverso. As forças de coesão entre suas moléculas são maiores que as de adesão entre as moléculas do mercúrio e do tubo. Assim, a tendência do mercúrio é de se afastar da parede, formando um menisco convexo.

Nas Ciências Agrárias, o fenômeno da tensão superficial e capilaridade aplicam-se, principalmente, no estudo dos solos, verificando umidade e a necessidade de irrigação da área em que o índice de saturação dos solos é baixíssimo.

O solo possui poros de diversas dimensões e formatos. Em solos não saturados, isto é, solos em que os poros são preenchidos por água e ar, há a formação de meniscos côncavos nas interfaces água/ar com os sólidos. Em solos saturados, os poros estão totalmente preenchidos, não apresentando formação de meniscos e consequentemente não há o fenômeno da capilaridade, sendo a adsorção nula.

A capilaridade depende de determinados fatores, como o arranjo e o diâmetro dos poros, a tensão superficial do líquido, interação do líquido com os sólidos, etc.

Para diferentes líquidos e/ou diferentes diâmetros de tubos, a altura do líquido no tubo capilar será diferente. É importante destacar, que a temperatura do líquido é outro fator que influencia no fenômeno da capilaridade, sendo que para temperaturas maiores a ascensão do líquido é menor, devido a agitação das moléculas (havendo uma maior separação molecular), ocasionando uma diminuição na tensão superficial.

Lista de materiais:

- Água;
- Etanol;
- Etilenoglicol;
- Glicerina;
- tubos capilares de 1 mm;
- mini microscópio
- notebook com o programa Yawcam instalado;
- transferidor;

Inicialmente meça a temperatura das quatro soluções. T: _____ °C.

ATENÇÃO: Cuidado ao manusear as provetas com as soluções. Uma delas apresenta um líquido nocivo a saúde. EVITE contato com os olhos e boca.

Observa-se que as quatro soluções apresentam uma ascensão do líquido, com diferentes alturas (h), no tubo capilar.

Considerando que os tubos capilares apresentam o mesmo diâmetro, responda:

Substância	Densidade ρ (Kg/m ³)	Tensão Superficial γ (mN/m)	θ (graus)	(h) Altura (mm)
Água	1000	72.80	73°	
Etanol	789	22.10	45°	
Glicerina	1260	64.00	77°	
Etilenoglicol	1113	47.70	61°	

Questão 8.1 Classifique os nomes das soluções A, B, C e D.

Substância	Nome da substância	θ (graus)	(h) Altura (mm)
A			
B			
C			
D			

Questão 8.2 Se você desprezasse os ângulos formados pelo menisco, como isso afetaria na identificação da altura?

Questão 8.3 Como você explica o fato da seiva subir das raízes até as folhas?

Questão 8.4 De quem ou de onde você obteve a informação do item anterior?

Questão 8.5 Fazendo todos os ângulos igual a zero, qual fator físico do comportamento molecular estaria sendo ignorado?

Questão 8.6 Quais foram suas dificuldades na compreensão e na realização deste experimento?

XI. DIFUSÃO E OSMOSE

Difusão e osmose são conceitos importantes no estudo de transferência de substâncias, moléculas e íons entre compartimentos de sistemas biológicos separados por membranas semipermeáveis.

Difusão é a passagem de soluto através de uma membrana de um lado para o outro. A quantidade de solvente é a mesma.

A difusão é a modalidade de transporte passivo, na qual, o soluto passa da solução mais concentrada (hipertônica) para a menos concentrada (hipotônica). Isto ocorre com o objetivo delas se tornarem iguais (isotônica).

Osmose é a passagem de solvente através de uma membrana, do lado onde a concentração de soluto é menor para o lado onde a concentração de soluto é maior.

Há situações em que ambas (osmose e difusão) ocorrerão simultaneamente. Este é o caso do sal que ao ir para a corrente sanguínea, passará para o líquido intersticial (líquido de onde as células retiram seus nutrientes e depositam os seus resíduos) por difusão. E por osmose, a água contida no líquido intersticial passará para a corrente sanguínea. O resultado disso será a elevação do volume de sangue e da pressão sanguínea.

XII. DIÁLISE

Em operações industriais, em particular de processos químicos, com a finalidade de produzir compostos com determinadas especificações, é necessário separar, concentrar e purificar espécies presentes em diferentes correntes dos processos envolvidos. Para estas operações, os processos de separação por membranas têm-se destacado como alternativas bastante promissoras aos processos clássicos de separação, uma vez que estes oferecem vantagens no que se refere ao consumo de energia, especificidade e facilidades de scale-up.

Os processos que utilizam membrana têm tido aplicação nos mais diversificados setores da indústria química, indústria alimentar e farmacêutica, biotecnologia, medicina e tratamento de águas industriais e de abastecimento. Em aplicações na área da biotecnologia, com vista à recuperação de bio-produtos de valor acrescentado (proteínas, antibióticos, vitaminas, aminoácidos, etc.), é bem conhecido que existem alguns problemas que dificultam o processamento de correntes provenientes de processos biotecnológicos, nomeadamente as características do mosto das fermentações que normalmente se apresenta em concentrações muito baixas. Os custos energéticos envolvidos nesta etapa de recuperação de compostos a partir de soluções muito diluídas são muito superi-

ores aos custos das matérias-primas e da fermentação/bioconversão e são determinantes para tornar economicamente viável a produção dos produtos finais. Processos baseados em membranas como a Microfiltração, Ultrafiltração e a Nanofiltração, têm sido apontados como uma boa solução, por serem processos de baixo consumo energético e que proporcionam um tratamento eficiente do mosto, quer para recuperar produtos celulares ou intracelulares, quer para obter o mosto clarificado.

Outro desafio que é preciso enfrentar na separação de produtos biotecnológicos prende-se com o facto de produtos como os antibióticos e proteínas, serem muito sensíveis a variações drásticas de temperatura, pH e força iónica da solução. O recurso à separação por membranas permite, de algum modo, resolver esse tipo de problemas.

A. Definição e classificação das membranas

Os processos de filtração por membranas permitem o fraccionamento de solutos dissolvidos em correntes líquidas e a separação de misturas gasosas. A maioria destes processos usa o escoamento tangencial ("cross flow"), uma particularidade que os distingue da filtração convencional, onde se promove a separação de partículas sólidas em suspensão de correntes líquidas ou gasosas em escoamento frontal. A membrana é definida como uma barreira permeável e selectiva, que restringe a transferência de massa entre duas fases.

O desempenho ou eficiência de uma membrana é determinada por dois parâmetros: a *seletividade* e o *fluxo*. A seletividade é normalmente expressa pelo coeficiente de retenção R :

$$R = 1 - \frac{CP}{CF}$$

em que CF representa a concentração do soluto na alimentação e CP a concentração do soluto no permeado ou filtrado. O fluxo ou velocidade de permeação é definido como o volume de solução que atravessa a membrana por unidade de área e por unidade de tempo.

De um modo geral, as membranas podem ser classificadas de acordo com a sua natureza e estrutura ou morfologia. Relativamente à sua natureza, as membranas dividem-se em biológicas (vivas ou não vivas) e sintéticas (orgânicas ou inorgânicas). Do ponto de vista estrutural, as membranas podem ser simétricas (porosas ou não porosas) e assimétricas. As simétricas apresentam uma espessura entre 100 e 200 μm e as assimétricas são constituídas por uma camada homogênea, muito fina, e em que a espessura pode variar entre 0.1 a 0.5 μm , suportada por uma camada porosa com uma espessura entre 50 a 150 μm .

No processo de separação por membranas, a corrente de alimentação com concentração do soluto CF é alimentada em escoamento tangencial ao longo da superfície da membrana e divide-se em duas correntes, o *concentrado ou retido* e o *permeado*. A corrente do retido é essencialmente constituída por partículas e solutos rejeitados pela membrana, cuja concentração CP é superior à CF, enquanto que a de permeado é por solvente ou solução clarificada.

Os principais processos de membranas utilizam como força motriz o gradiente de potencial químico e/ou o gradiente de potencial elétrico. Como a maioria dos processos ocorrem em condições isotérmicas, o gradiente de potencial químico é expresso em termos do gradiente de pressão, concentração ou pressão parcial de acordo com a equação:

$$\Delta\mu_i = RT\Delta\ln(\lambda_i x_i) + \vartheta_i \Delta P \quad (31)$$

onde μ_i é o potencial elétrico da espécie i , λ_i é o coeficiente de atividade, x_i é a fração molar, ϑ_i é o volume molar e ΔP é o gradiente de pressão.

A Tabela I apresenta as características mais importantes dos processos de separação com membranas, como por exemplo o tipo de força motriz envolvida e o mecanismo de ação, bem como alguns exemplos de aplicação. A Tabela I também resume a gama de aplicação destes processos em função do tamanho de diferentes tipos de partículas. Nesta figura, destacam-se cinco grandes séries de tamanhos: macropartículas, micropartículas, macromolecular, molecular e partículas iónicas. A microfiltração é adequada para separar partículas, como bactérias e glóbulos vermelhos, cujo tamanho varia entre 0,05 a 2 nm. Partículas cujos tamanhos variam de 0,00005 a 0,05 nm são removidas com processos de osmose inversa, nanofiltração ou ultrafiltração.

B. Tipo de membranas e configurações

As membranas comerciais são normalmente sintetizadas a partir de materiais poliméricos. O acetato de celulose foi o primeiro material a ser utilizado em processos de osmose inversa, nanofiltração e ultrafiltração. O material apresenta algumas limitações quanto à sua sensibilidade face a variações de pH e de temperatura. Além disso, pode ser facilmente degradado por acção microbiana. Tem como principais vantagens o seu baixo custo e o facto de ser material hidrofílico. A polisulfona tem sido usada no fabrico de membranas de MF e UF. A vantagem principal deste tipo de membrana é a sua excelente resistência a altas temperaturas e a grandes variações de pH.

Outros polímeros que proporcionam melhorias significativas a nível de resistência mecânica, química e térmica das membranas de MF, OI e UF são, respectivamente, o polipropileno, a poliamida e o poliácridonitrilo. Mais recentemente, têm surgido no mercado membranas baseadas em materiais inorgânicos, dos quais se destacam aquelas preparadas a partir de materiais cerâmicos, tais como alumina, zircónio, sílica e hematite.

Estas membranas apresentam maior vida útil e permitem operar em intervalos alargados de pH e temperatura. Entre as desvantagens, estão o seu elevado custo e a pouca flexibilidade por serem materiais duros e quebradiços e com baixa resistência ao impacto.

As membranas são utilizadas em diversas configurações, sendo que as mais comuns são do tipo **planar, tubular, fibras ocas e em espiral**.

Tabela I: Características mais relevantes dos processos de separação por membranas.

Processo	Força Motriz	Mecanismo de ação	Material retido	Aplicações
Microfiltração (MF)	Gradiente de pressão 0,1-1,0 bar	Exclusão	material em suspensão 0,1-10 μm	clarificação de vinho e cerveja esterilização bacteriana concentração de células
Ultrafiltração (UF)	Gradiente de pressão 0,5-5 bar	Exclusão	Colóides e macromoléculas com $PM > 5000$	fracionamento e concentração de proteínas recuperação de óleos
Nanofiltração (NF)	Gradiente de pressão 1,5-40 bar	Exclusão/Difusão	Moléculas de peso molecular médio $500 < PM < 2000$	purificação de proteínas separação de sais divalentes e compostos orgânicos
Osmose inversa (OI)	Gradiente de pressão 20 - 100 bar	Difusão	Todo material solúvel ou em suspensão	dessalinização de águas, concentração de sumos, desmineralização da água
Diálise (D)	Gradiente de concentração	Difusão	Moléculas de $PM > 5000$	Hemodiálise e separação de sais
Eletrodiálise (ED)	Gradiente de potencial elétrico	migração em campo elétrico	macromoléculas e compostos iónicos	concentração de soluções salinas
Permeação de gases(PG)	Gradiente de pressão e concentração	solubilidade e difusão	gases menos permeáveis	recuperação de H_2 separação CO_2/CH_4 fracionamento do ar
Pervaporação (PV)	Gradiente de concentração	Solubilidade e difusão	líquidos menos permeáveis	desidratação de álcoois remoção de compostos voláteis, separação de misturas azeotrópicas

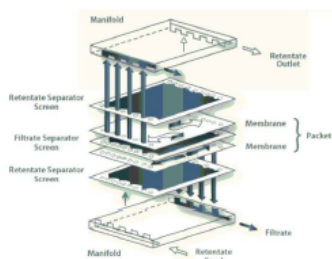


Figura 11. Detalhes de construção do filtro planar.

Na Figura 11, temos a estrutura de um módulo de membrana de diálise do tipo planar.

As membranas planares formam uma configuração do tipo "plate and frame", isto é, são dispostas paralelamente, separadas por espaçadores e suportes porosos e podem apresentar uma densidade de empacotamento (área superficial de membrana por volume de módulo, A/V) baixa que pode variar entre 100 a 400 m^2/m^3 .

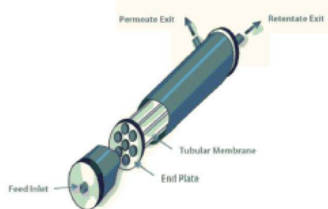


Figura 12: Filtro de diálise do tipo tubular.

Na Figura 12, temos a estrutura de filtro de diálise do tipo tubular.

A configuração tubular é constituída por tubos de material polimérico ou cerâmico, cujo diâmetro normalmente é superior a 10 mm, inseridos dentro de módulos de geometria cilíndrica.

A relação entre área e volume do módulo filtrante também é considerada baixa, sendo sempre menor que 300 m^2/m^3 . As fibras ocas são usadas na forma de cartuchos contendo centenas de fibras de pequeno diâmetro (interno) que variam entre 100 a 500 μm .

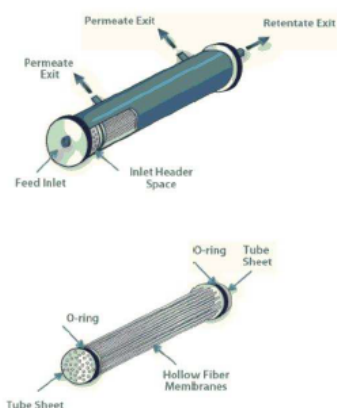


Figura 13: O uso de fibras ocas permite o aumento da quantidade de área filtrante por unidade de volume do espaço físico do corpo do filtro.

Já na Figura 14, temos a estrutura de uso de fibras ocas para a construção das células de filtração.

A grande vantagem desta configuração é a elevada densidade de empacotamento, A/V , que pode atingir valores da ordem dos 30 000 m^2/m^3 . São bastante utilizados em MF e UF.

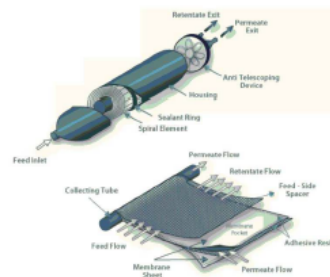


Figura 13: Filtro de diálise do tipo espiral.

Finalmente, temos a estrutura em espiral na Figura 13 que é, talvez, a mais comum nas indústrias farmacêuticas que operam com processos de separação por membranas, principalmente as aplicações que empregam as técnicas MF, UF e OI. A estrutura em espiral é constituída por membranas planares, suportes e espaçadores que são fixados e enrolados em redor de um tubo colector central por onde flui o permeado. A relação A/V varia entre 300 a 1000 m^2/m^3 .

C. Transporte do soluto através de membranas porosas

Como já foi referido, os processos de separação por membranas são operados em escoamento tangencial ("cross flow filtration"), no qual a solução flui paralelamente à superfície da membrana enquanto o permeado é transportado transversalmente à mesma.

A figura abaixo ilustra o processo de funcionamento de transporte de soluto através de membranas porosas.

Durante esta operação, observa-se um declínio no fluxo de permeado ao longo do tempo devido a uma série de fenômenos que criam condições favoráveis ao entupimento ("fouling") da membrana.

Uma vez que a membrana é seletiva, isto é, permite a passagem apenas de alguns solutos, haverá uma acumulação dos solutos que são largamente rejeitados pela membrana. Como consequência, formar-se-á uma camada concentrada na interface da mesma que oferecerá uma resistência adicional à transferência de massa.

Este fenômeno que se designa por polarização da concentração assume maior importância no caso da ultrafiltração de hidrocolóides, macromoléculas e outros solutos de elevado peso molecular.

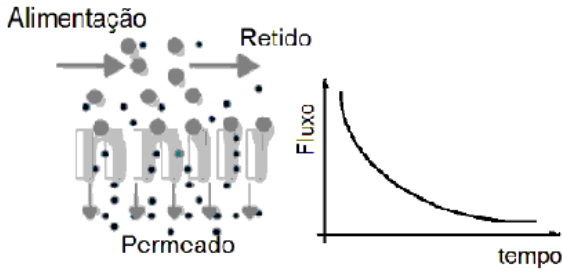


Figura 14: Processo biofísico que rege as propriedades de retenção e escoamento em processos de filtragem por membranas.

Outras condições do processo, tais como as interações entre os solutos e a membrana, o pH do meio, o tamanho e a morfologia da própria membrana concorrem para o aparecimento de resistências adicionais devido à formação da camada gel, do entupimento dos poros e da adsorção de solutos na superfície da membrana.

A formação da zona de polarização e do acúmulo da camada gel podem ser minimizadas através do aumento da velocidade de escoamento tangencial devido ao aumento da turbulência. O efeito de mistura, nas proximidades da superfície da membrana, arrasta uma parte significativa dos solutos acumulados, na maioria das vezes por adsorção, reduzindo a espessura da camada gel e aumentando a velocidade de permeação.

O "fouling" também pode ser controlado através de outros procedimentos como a aplicação de gradientes de pressão mais reduzidos ou atuando a nível da composição química das membranas de forma a alterar as interações soluto-superfície da membrana.

O fluxo F_m através da membrana é a razão entre a força motriz e o produto da viscosidade e resistência total ao fluxo:

$$F_m = \frac{F_M}{\eta R_t} \quad (32)$$

Nos casos de MF, UV e OI, podemos reescrever essa equação como:

$$J = \frac{\Delta P}{\eta R_t} \quad (33)$$

Onde J é o fluxo volumétrico medido em volume filtrado em m^3 por unidade de área por unidade de tempo, R_t é a resistência total ao fluxo, dado pela soma da resistência intrínseca da membrana (R_m), resistência causada pela adsorção (R_a), resistência causada pelo entupimento dos poros (R_p), resistência da camada gel (R_g) e a resistência devida a polarização da concentração (R_{pc}). ΔP é a diferença de pressão na membrana e η é a viscosidade da solução em Pa.s.

Em resumo:

$$R_t = R_m + R_a + R_p + R_g + R_{pc}$$

Onde J é o fluxo volumétrico medido em volume filtrado em m^3 por unidade de área por unidade de tempo, R_t é a resistência total ao fluxo, dado pela soma da resistência intrínseca da membrana (R_m), resistência causada pela adsorção (R_a), resistência causada pelo entupimento dos poros (R_p), resistência da camada gel (R_g) e a resistência devida a polarização da concentração (R_{pc}). ΔP é a diferença de pressão na membrana e η é a viscosidade da solução em Pa.s.

Em resumo:

$$R_t = R_m + R_a + R_p + R_g + R_{pc}$$

Segundo as duas equações acima que se designa por modelo das resistências em série, o fluxo é inversamente proporcional ao somatório de várias resistências que irão contribuir de uma maneira diferente para a resistência total ao fluxo. No caso da passagem de água pura através da membrana, somente a resistência da membrana R_m estaria envolvida.

D. Modelo de filme filtrante

Este modelo descreve os mecanismos de transferência de massa em processos de ultrafiltração baseados em três fluxos:

1. O fluxo convectivo em direção à membrana $J C$;
2. O fluxo do soluto através da membrana $J C_p$;
3. O fluxo difusivo da membrana para a solução $D = dC/dx$ de acordo com a lei de Fick.

Considera-se, também, que à distância δ da superfície da membrana ocorre mistura completa e em que a concentração no seio de alimentação é C_b . Contudo, nas proximidades da membrana, à montante desta, forma-se uma camada onde a concentração do soluto aumenta e atinge um valor máximo na superfície C_m .

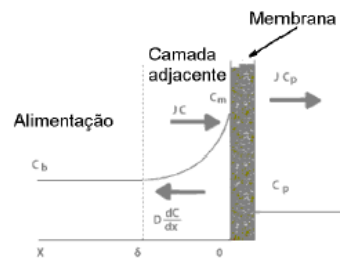


Figura 15: Polarização da concentração, perfis de concentração em estado estacionário na fase fluida durante a filtragem e os elementos quantitativos que descrevem sua análise fluidodinâmica.

Universidade Federal de Santa Maria
 Departamento de Física - CCNE
 Programa FIEX/PROLICEN 2017
 Registro GAP/CCNE N. 039511 e 042759

CADERNO DIDÁTICO FÍSICA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

UNIDADE 3 TERMODINÂMICA

1. INTRODUÇÃO

As quantidades físicas que podemos medir para um sistema termodinâmico qualquer são a temperatura, a pressão e o volume. Essas quantidades são chamadas *variáveis macroscópicas* e descrevem qualquer experimento termodinâmico realizado em laboratório ou no setor industrial.

Tradicionalmente, usamos escalas termométricas para medir a temperatura, que têm como referência as temperaturas padrão de congelamento e ebulição da água a uma atmosfera padrão (nível do mar) e com 100 subdivisões. A escala Kelvin possui também 100 subdivisões enquanto que a escala Fahrenheit norte-americana possui 180 subdivisões.

A figura 1 abaixo mostra o quadro comparativo das principais escalas termométricas.

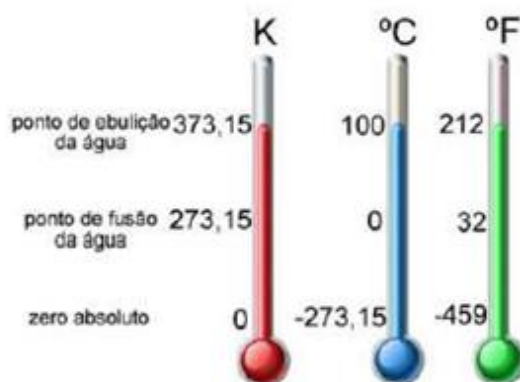


Figura 1: Escalas de temperatura modernas.

Na escala Celsius, atribui-se 0°C ao ponto de congelamento da água e 100°C a temperatura do seu ponto de ebulição, que são equivalentes a algo em torno de 273 e 373 Kelvins, respectivamente.

Como as escalas Kelvin e centígrada só diferem de uma constante e possuem o mesmo número de subdivisões, uma variação de temperatura ΔT em Kelvin e graus centígrados têm o mesmo número.

A fórmula de conversão entre essas unidades são as seguintes;

$$\frac{T(C)}{5} = \frac{T(F) - 32}{9} = \frac{T(K) - 273}{5} \quad (1)$$

Um sistema termodinâmico básico consiste em uma amostra de gás com N moléculas confinadas em um recipiente isolante térmico e que possui um êmbolo móvel por onde podemos aplicar uma força mecânica como a aplicação de um peso ou mecanismo para comprimir o gás ou aplicar uma fonte de calor que faz com que ele se expanda provocando um aumento de pressão que faz com que o êmbolo se desloque para cima, aumentando o volume ocupado pelo gás (figura 2).

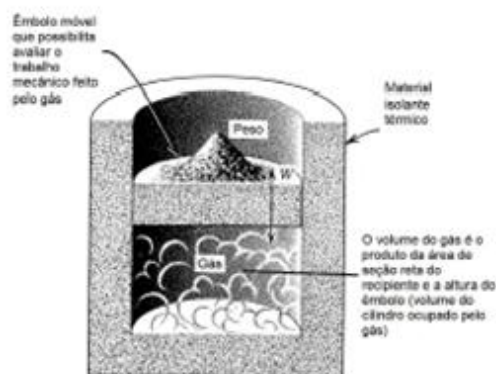


Figura 2: Estrutura genérica de um equipamento usado para estudar as propriedades termodinâmicas de um gás.

A compressão do gás pelo êmbolo mostrado na figura faz com que as moléculas fiquem mais próximas entre si (compressão), enquanto que a expansão de volume faz com que as moléculas fiquem mais distantes entre si (rarefação). Moléculas mais próximas tendem a redistribuir energia cinética por colisões mais rapidamente que moléculas presentes em um gás mais rarefeito.

O trabalho mecânico realizado por um peso externo aplicado no êmbolo provoca uma força (F) que age uniformemente sobre toda a área de seção reta do êmbolo (A) e pressão realizada pelo êmbolo é $P = F/A$ e se transmite igualmente em todas as direções internas do frasco pelo princípio de Arquimedes visto na mecânica dos fluidos.

O trabalho realizado por essa força externa F sobre o gás é o produto da força pelo deslocamento vertical do êmbolo Δy com respeito à sua posição inicial. Como o deslocamento volumétrico corres-

pendente é $\Delta V = A \Delta y$ e a força é o produto da área A de seção reta e a pressão P produzida ($F = PA$), podemos substituir essas fórmulas para determinar o trabalho mecânico realizado sobre o gás pela aplicação da força externa F :

O trabalho mecânico W realizado pela força F que comprime o gás por uma variação de volume ΔV será:

$$W = F\Delta y = (PA)\Delta y \rightarrow W = P\Delta V \quad (2)$$

A estrutura molecular interna de uma amostra de gás é caracterizada por N moléculas que apresentam uma massa molecular M cada, confinadas em um volume V e submetidas a uma temperatura T . Em qualquer intervalo de tempo mensurável, existe um incontável número de colisões que redistribuem constantemente a energia cinética das moléculas.

Aplicando diversas fontes de energia (figura 3), temos o aumento da temperatura e da pressão, que provoca uma expansão do gás. O gás pode, então, realizar uma força no êmbolo que o empurra para fora nesse processo de expansão, realizando trabalho mecânico para o meio externo por meio do aumento da energia interna das moléculas.

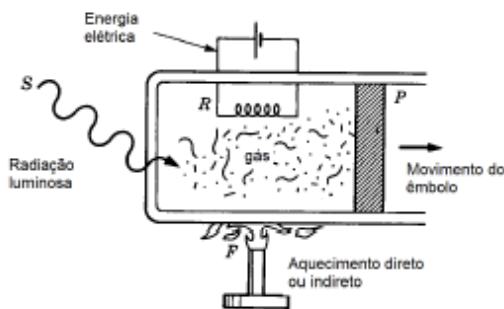


Figura 3: Diversas formas de fornecer energia para as moléculas que fazem com que o gás faça uma expansão térmica, aumentando o seu volume e produzindo um trabalho mecânico ao meio externo.

As leis da Termodinâmica que regem o comportamento de um gás ideal a altas temperaturas foram obtidas experimentalmente a partir de estudos com máquinas térmicas desse tipo.

- *Lei de Boyle-Mariotte*, ou lei das isotermas: Quando a pressão P de um gás é alterada a uma temperatura constante, responde com um volume correspondente V de tal forma que:

$$PV = \text{constante} \quad (3)$$

Em um gráfico de pressão versus volume, surge uma curva decrescente de modo que aumentando o volume, temos uma diminuição da pressão.

- *Lei de Gay-Lussac*: A lei de Gay-Lussac (ou lei das isobáricas) mostra o comportamento de um gás quando a sua pressão é mantida constante e mede-se o volume em função da temperatura. Assim, o volume é diretamente proporcional à temperatura e o gráfico volume versus temperatura é uma relação linear.

$$\frac{V}{T} = \text{constante} \quad (4)$$

- *Lei de Charles*: O comportamento da pressão P em um gás é uma função linear da temperatura T , se a transformação for feita a volume constante (lei das transformações isovolumétricas), que requer que a relação entre a pressão e a temperatura a volume constante é uma relação linear.

$$\frac{P}{T} = \text{constante} \quad (5)$$

II. A TEORIA CINÉTICA DOS GASES

A teoria cinética dos gases tenta entender o comportamento do gás em termos do balanço energético das moléculas que compõem um gás.

Essas leis podem ser resumidas na *equação de Clapeyron*, que define as constantes de proporcionalidade subentendidas nas leis acima em termo do número de moles n de moléculas do gás contidas na amostra que está sob pressão P , a uma temperatura T e confinado em um volume V , além de uma constante universal da Física chamada *Constante Universal dos Gases*, $R=8,314 \text{ J/mol.K}$ ou, equivalentemente, $0,082 \text{ atm/mol.K}$.

$$PV = nRT \quad (6)$$

O número de moles n de um gás depende fortemente da temperatura e nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP) que é 22°C a uma atmosfera de pressão.

Uma amostra de gás com massa total m em gramas constituída por moléculas que apresentam uma massa molecular M em gramas terá o seguinte número de moles n e número total de moléculas N nas CNTP:

$$n = \frac{m}{M} \quad N = n N_A \quad (7)$$

Um mol de qualquer substância contém um número de Avogadro de moléculas, ou seja, $1 \text{ mol} = 6,023 \times 10^{23}$ moléculas.

A energia interna de um gás depende do tipo de construção molecular e quantos átomos ele envolve. Seu um gás consistir de um único átomo, dizemos que o gás é *monoatômico*. Os gases nobres He, Ne, Ar são gases monomoleculares na temperatura ambiente.

Gases *poliatômicos* podem ser *diatômicos* quando envolvem dois átomos em cada molécula (ex. CO, H₂, O₂, N₂, etc.), *triatômicos* quando envolvem três (Ex. CO₂, NO₂, H₂O, etc.), *tetratômicos* (ex. NH₃, etc), sendo que o nome "poliatômico" é usado genericamente para descrever moléculas com mais que cinco átomos em uma molécula.

Cada molécula possui no mínimo três modo de acumular energia, os quais são todos equivalentes entre si. Uma molécula monoatômica possui três graus de liberdade porque pode se movimentar em três dimensões no espaço. Uma molécula diatômica possui esses graus, mais um extra porque podem acumular energia na forma da ligação química que existem entre os seus dois átomos. Uma molécula triatômica possuirá cinco graus de liberdade, porque pode se movimentar em três dimensões no espaço mais as duas ligações moleculares.

Assim, a *energia interna* E_{int} das moléculas de um gás é dada pelo número total de graus de liberdade dividido por dois, vezes a constante de Boltzmann vezes a temperatura.

O significado físico da constante de Boltzmann é de converter a temperatura em Kelvin e unidades de energia, sendo uma constante universal da Física com grande significado em Termodinâmica e medida em Joules por Kelvin:

$$k_B = \frac{R}{N_A} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

Perceba que a constante de Boltzmann é a constante universal dos gases dividido pelo número de Avogadro.

Como regra geral, toda a vez que a constante de Boltzmann aparecer em uma equação da física em cursos universitários, a temperatura deverá ser usada em Kelvin nessa fórmula.

Para um gás monoatômico com N moléculas ou n moles, a sua energia interna será:

$$E_{int} = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} nRT \quad (8)$$

Já, para um gás diatômico:

$$E_{int} = \frac{4}{2} N k_B T = 2 N k_B T = 2 nRT \quad (9)$$

Enquanto que para um gás triatômico,

$$E_{int} = \frac{5}{2} N k_B T = \frac{5}{2} nRT \quad (10)$$

, e assim, sucessivamente.

A constante universal dos gases R é o número de Avogadro vezes a Constante de Boltzmann k_B .

$$R = k_B N_A \quad (11)$$

Na equação de Clapeyron, observa-se as propriedades de uma transformação termodinâmica que ocorre nesse modelo de gás e observando-se que, como o produto $n R$ é uma constante, temos a *equação geral dos gases perfeitos*, ou ideais.

$$\frac{P V}{T} = n R = \text{constante} \quad (12)$$

Ou, para quaisquer estados termodinâmicos caracterizados inicialmente pelas variáveis de estado (P_1, V_1, T_1) e que passam para um segundo estado (P_2, V_2, T_2) , e depois para outro terceiro estado com (P_3, V_3, T_3) , temos que para qualquer transformação:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \dots \quad (13)$$

Diversos experimentos foram realizados no século passado no sentido de determinar as velocidades das moléculas que existem em um gás a uma pressão e temperatura conhecidas.

Experimentalmente, se verifica que existe uma distribuição estatísticas dos módulos das velocidades das moléculas de um gás ideal a altas temperaturas que hoje é conhecida como função de distribuição de velocidades de Maxwell-Boltzmann (figura 4).

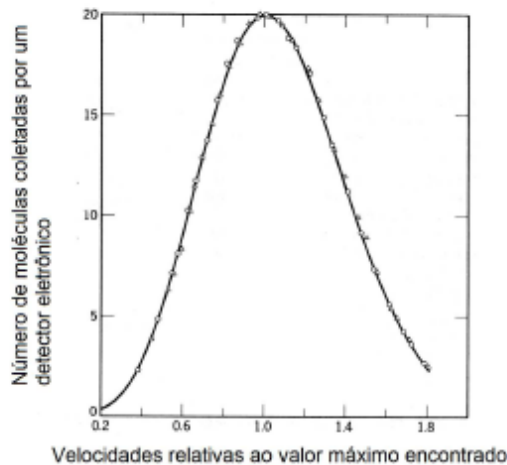


Figura 4: Pontos experimentais de número de moléculas detectadas em função da velocidade relativa ao valor máximo obtido pelas medidas.

A forma correta da função distribuição de Maxwell-Boltzmann depende da temperatura em Kelvin na qual o gás está submetido (figura 5).

A área abaixo da curva entre duas velocidades distintas v_1 e v_2 é o número de moléculas que possuem velocidades entre esses dois valores. Como a energia cinética de uma molécula de um gás ideal é diretamente proporcional ao quadrado da sua velocidade, a área embaixo da curva a partir de uma certa energia dá o número de moléculas mais energéticas que esse valor, o que também aumenta com a temperatura.

Observando a figura, podemos ver que há três formas de determinar a velocidade de um grupo de moléculas de um gás monoatômico ideal de massa molar M submetido a uma temperatura T e que segue a uma distribuição de Maxwell-Boltzmann para as velocidades e valores de energia cinética:

- **Velocidade mais provável:** A velocidade mais provável v_{mp} é simplesmente o valor da velocidade que o maior número de moléculas

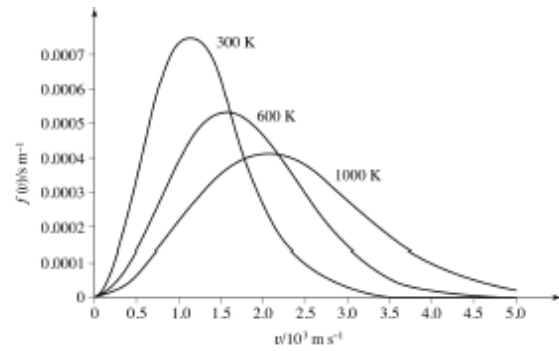


Figura 5: Efeito da temperatura sobre as curvas de Maxwell-Boltzmann. Note que o valor máximo aumenta com o acréscimo de temperatura, assim como a cauda para velocidades bem maiores que o valor central.

possui e é dada pela seguinte expressão:

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \quad (14)$$

- **Velocidade média:** é uma velocidade média obtida pelos cálculos estatísticos formais sobre a curva de distribuição de Maxwell-Boltzmann:

$$v_{med} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \quad (15)$$

- A **velocidade quadrática média** ou v_{rms} é calculada pela estatística sobre os módulos das velocidades v^2 que são relacionadas a energia cinética de uma molécula e, portanto, indicam a distribuição de energia ao longo de todas as moléculas de um gás. É calculada pela seguinte expressão:

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (16)$$

A velocidade quadrática média é a fórmula que mais se aproxima da velocidade de ondas sonoras em um meio gasoso.

A figura 6 abaixo mostra como as moléculas mais energéticas de uma amostra adquirem mais energia com o aumento de temperatura e como o gás como um todo fica mais energético. Podemos também ver as relações entre valores da velocidade mais provável, velocidade média e velocidade quadrática média a uma temperatura fixa.

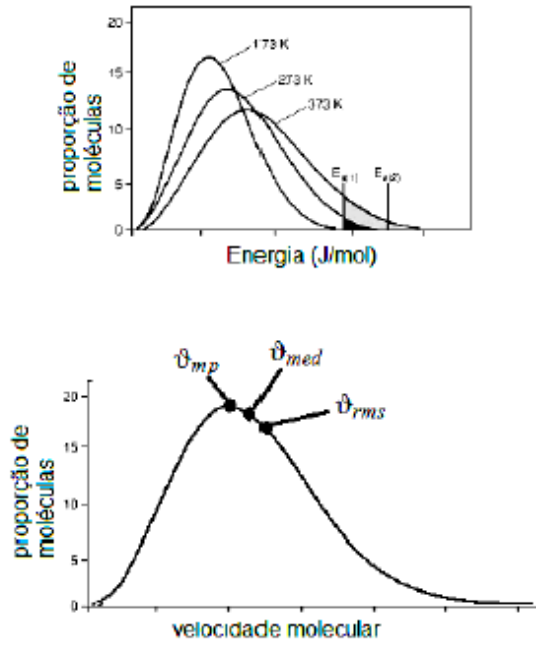


Figura 6: Pontos experimentais de número de moléculas detectadas em função da velocidade relativa ao valor máximo obtido pelas medidas.

III. CALOR E TEMPERATURA

A fórmula geral para conversão entre uma temperatura T_C dada em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), a mesma temperatura expressa em Kelvin T_K e em Fahrenheit T_F é a seguinte:

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32) = T_K - 273 \quad (17)$$

O coeficiente de expansão linear é medido em uma escala inversa da temperatura como $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou K^{-1} , sendo dados por:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \Delta T} \quad (18)$$

O coeficiente de expansão volumétrica β é:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V \Delta T} \quad (19)$$

A relação entre esses coeficientes de expansão térmica é:

$$\beta = 3 \alpha \quad (20)$$

De onde se derivam as seguintes expressões:

$$L = L_0 + \alpha \Delta T \quad V = V_0 + \beta \Delta T \quad (21)$$

Um material de massa m e calor específico c possuirá uma capacidade térmica $C_p = mc$ igual ao produto da massa pelo calor específico, que é uma propriedade do material.

Medidas de calor são $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$ e $1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} = 1054 \text{ J}$, sendo que o Btu é a unidade inglesa usada para equipamentos industriais.

O calor específico da água é $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ ou o mesmo valor em $1 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ ou 1 kcal/kg.K . Isso equivale a $4,184 \text{ kJ/kg.K}$.

Para uma mudança de temperatura ΔT , a quantidade de calor transferida ΔQ é dada pela fórmula:

$$\Delta Q = mc\Delta T = C_p\Delta T \quad C_p = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (22)$$

O calor específico do gelo é $2,05 \text{ kJ/kg.K}$, aproximadamente duas vezes o valor da água líquida.

O calor latente é a energia que se deve dar a uma substância para mudar o seu estado ou fase, por exemplo em processo de fusão, solidificação, condensação ou vaporização mas que não leva a a mudança de temperatura, somente de estado físico molecular. O calor latente Q_L é o produto da massa da substância pelo seu calor latente de mudança de estado L :

$$Q_L = m L \quad (23)$$

Para a água, o calor latente de fusão é $333,5 \text{ kJ/kg}$ e o calor latente de vaporização é $L_V = 2257 \text{ kJ/kg}$. Vemos que é necessário bem mais energia para transformar 1 kg de água em vapor do que aquecê-la de água líquida a zero graus até 100°C .

IV. A CONDUÇÃO DE CALOR

O calor, como uma forma de energia, pode ser transportado ou conduzido mas nunca criado ou destruído completamente, somente transformado em outras formas como energia interna ou trabalho mecânico.

Vamos considerar uma barra de material condutor de calor de área de seção reta A está posicionado entre dois reservatórios de calor, um quente

com temperatura T_1 e outro mais frio com temperatura T_2 de modo que a diferença de temperatura entre as extremidades da barra condutora $\Delta T = T_2 - T_1$ é positiva.

Portanto, o calor flui do reservatório de maior temperatura para o de menor temperatura, de forma espontânea.

A *corrente térmica* I é a quantidade de calor que passa pela barra por unidade de tempo Δt .

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (24)$$

Se o material condutor de calor tiver um coeficiente de condutividade térmica κ medido em W/m.K , comprimento L em metros e uma diferença de temperatura ΔT em graus centígrados ou Kelvin entre as extremidades, a corrente térmica resultante em J/s será dada pela Lei de Fourier da condução térmica em materiais:

$$I = \kappa A \frac{\Delta T}{L} \quad (25)$$

A *resistência térmica* R é a razão entre a diferença de temperatura que gerou o fluxo de calor pela corrente térmica que ela gera:

$$R = \frac{\Delta T}{I} \quad R = \frac{L}{\kappa A} \quad (26)$$

O inverso da condutividade térmica é a *resistividade térmica* medida em m.K/W .

V. PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

O experimento esquematizado na figura 7 a seguir mostra como podemos nos convencer que existe uma relação entre uma quantidade de calor Q fornecido ou retirado de uma amostra de material líquido ou gasoso, a sua variação de energia interna ΔE_{int} e o trabalho mecânico feito pelo gás ou realizado sobre ele é W .

A primeira lei da Termodinâmica possibilita relacionar calor Q como uma forma de energia em trânsito, trabalho mecânico W sobre o gás e a sua correspondente variação de energia interna ΔE_{int} , que são as quantidades responsáveis por qualquer processo termodinâmico que envolva líquidos, gases e vapores.

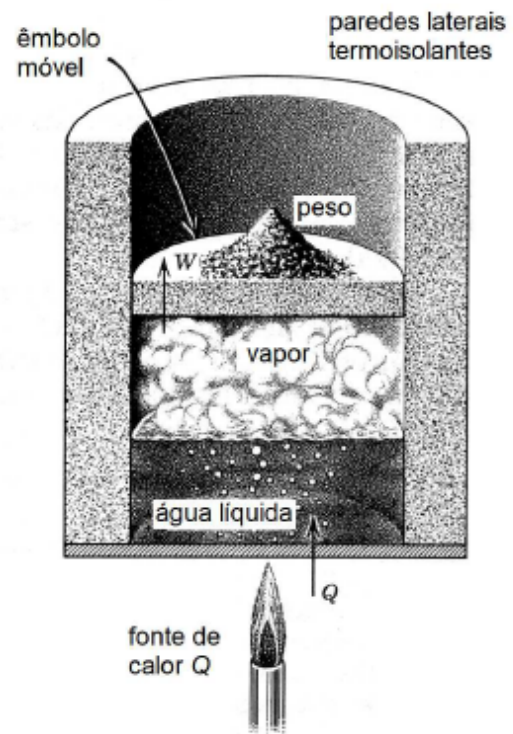


Figura 7: Adicionando-se calor Q , o efeito é aumentar a temperatura por um valor ΔT que corresponde a uma variação positiva de energia interna ΔU , realizando trabalho positivo do gás para o meio externo.

$$\Delta E_{int} = Q - W \quad (27)$$

Que é equivalente ao seguinte enunciado da primeira lei da termodinâmica, que leva o princípio da conservação da energia;

A variação da energia interna de um sistema é igual à diferença entre o calor e o trabalho trocados pelo sistema com o meio exterior.

Supondo um fluido contido em um recipiente cilíndrico, se fornecemos calor $+Q$, a energia interna aumentará de uma quantidade ΔE_{int} porque a temperatura apresentará uma variação positiva $T_f > T_i$, $\Delta T = T_f - T_i > 0$ e o gás fará um trabalho mecânico *positivo*, $+W$ sobre o meio externo, empurrando o êmbolo para cima devido a sua dilatação volumétrica.

Um processo de contração $W < 0$ ou dilatação volumétrica $W > 0$ na forma de uma pressão P aplicada sobre um êmbolo cilíndrico de área de seção reta A que percorre uma distância vertical Δh , como na figura implica no seguinte trabalho mecânico, dado pelas seguintes expressões:

$$W = p\Delta V = p(V_f - V_i) = pA\Delta h \quad (28)$$

O trabalho realizado sobre um gás é $W = P\Delta V$, para pressão constante que leva a uma variação de volume $\Delta V = V_f - V_i$. O trabalho é medido em Joules porque é uma variação de energia medida na mesma quantidade. Contudo, pode-se medir o trabalho em litros vezes atmosferas de modo que $1 \text{ L}\cdot\text{atm} = 101,03 \text{ J}$.

Em uma transformação tipo não-linear, o trabalho mecânico é a área sob a curva do gráfico da pressão P em função do volume V , cujo cálculo é bem mais complexo, conforme veremos em processos isotérmicos e adiabáticos que possuem curvas distintas nesse diagrama $P - V$. A fórmula acima se refere a trabalhos de processos *isobáricos*, aonde a pressão é mantida constante.

Em qualquer caso, para uma transformação isovolumétrica aonde $\Delta V = 0$, temos que a taxa de variação da energia interna por intervalo de variação de temperatura é chamada de capacidade térmica a volume constante C_V que se relaciona com a capacidade térmica a pressão constante por $C_p = C_V + nR$ e:

$$C_V = \frac{\Delta E_{int}}{\Delta T} \quad (29)$$

Em um processo isotérmico com temperatura fixa T , o trabalho isotérmico realizado sobre um gás de n moles é proporcional ao logaritmo da razão dos volumes finais V_f e iniciais V_i .

$$W_{iso} = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) \quad (30)$$

O efeito reverso ocorre com um raciocínio similar. Retirando-se calor $-Q$ do gás, a sua energia interna será diminuída e apresentará uma variação negativa $-\Delta E_{int}$ porque a temperatura diminuiu. com $T_f < T_i$, $\Delta T = T_f - T_i < 0$. O gás sofrerá uma contração térmica e terá uma redução de volume $-\Delta V$, puxando o êmbolo para baixo. Essa redução de volume implica que o gás fará um trabalho mecânico negativo sobre o meio externo.

Da mesma forma, a primeira lei da termodinâmica prevê que um gás a uma dada temperatura, isolado termicamente da sua vizinhança para que não haja transferência de calor $Q = 0$, apresentará

variação de energia interna e temperatura positiva ΔE_{int} de for comprimido $W > 0$ pelo êmbolo. Se o êmbolo for movimentado de forma a expandir o gás, o volume do gás aumentará e a energia interna (temperatura) diminuirá, porque o trabalho mecânico será positivo $W < 0$. Esses dois fatores definem um *processo adiabático*, na forma de uma *compressão adiabática* ou uma *expansão adiabática*.

VI. PROCESSOS ADIABÁTICOS E ISOTÉRMICOS

Os processos isotérmicos e adiabáticos são muito frequentes em diversas áreas de alimentos e na construção de máquinas térmicas para esse fim.

Vamos ver as características de cada um, separadamente.

A. Processos Adiabáticos

Nesse processo, não há troca de calor do gás com as suas vizinhanças ou com o meio e $Q = 0$. Pela primeira lei da Termodinâmica, o valor absoluto da variação da energia interna será o mesmo do trabalho mecânico aplicado sobre o gás, mas com sinal contrário.

Logo, vale a seguinte relação:

$$\Delta E_{int} = -W \quad C_V \Delta T = -P \Delta V$$

A razão das capacidades caloríficas surge na resolução desse cálculo montando-se a equação diferencial para esse problema, cuja solução depende da capacidade térmica a pressão constante C_p e da capacidade térmica a volume constante C_V .

Para um gás ideal com n moles de átomos, $C_p - C_V = nR$ e definimos um expoente adiabático γ como a razão entre a capacidade térmica a pressão constante e a capacidade térmica a volume constante:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} \quad (31)$$

Essa razão γ entre as capacidades caloríficas é dependente do tipo de gás, da sua pressão e da sua

temperatura. Para o ar livre nas CNTP, com pequenas variações de volume ao redor de uma atmosfera, temos $\gamma = 1,46$.

Experimentalmente verifica-se que gases monoatômicos apresentam $\gamma \sim 1,66$, os triatômicos apresentam $\gamma \sim 1,29 - 1,41$ e os triatômicos têm $\gamma \sim 1,29 - 1,34$. Gases poliatômicos possuem $\gamma \sim 1,0 - 1,25$. Para um gás ideal composto de moléculas com f graus de liberdade, o expoente adiabático será dado, aproximadamente, por:

$$\gamma \approx \frac{5+f}{3+f} \quad (32)$$

Essa expressão concorda com os intervalos experimentais de gama para diversas amostras de gases.

Assim, espera-se que, em uma transformação adiabática de um gás ideal, seja vista uma curva tipo lei de potência no diagrama $P-V$, cuja potência é esse índice adiabático que depende do tipo de gás:

$$PV^\gamma = \text{constante} \quad (33)$$

Contudo, no gráfico temperatura versus volume $T-V$, uma lei de potência também é vista na variável independente volume, mas o expoente passa a ser $\gamma - 1$. Para ver isso, substituímos $P = nRT/V$ na expressão acima para obter:

$$TV^{\gamma-1} = \text{constante} \quad (34)$$

O trabalho mecânico envolvido nesse processo adiabático, W_{ad} , aonde o gás com expoente adiabático γ é trazido de um estado de pressão P_i e volume V_i iniciais a um estado de pressão P_f e volume V_f finais é dado pela seguinte fórmula final:

$$W_{ad} = \frac{P_i V_i - P_f V_f}{\gamma - 1} = \frac{nR\Delta T}{\gamma - 1} \quad (35)$$

B. Processos Isotérmicos

Em um processo isotérmico, a temperatura é mantida constante em T e, obviamente, $\Delta T = 0$.

Se a temperatura for mantida constante, a energia interna não varia e $\Delta E_{int} = 0$. Pela primeira

lei da termodinâmica, $\Delta E_{int} = Q - W = 0$, logo a quantidade de calor será numericamente igual a quantidade de trabalho e vice-versa, pois $Q = W_{iso}$.

O trabalho mecânico W_{iso} em um processo isotérmico, para um gás ideal de n moles submetido a uma temperatura constante T sobre todo o processo que leva de um estado inicial i para um estado final f , dependerá somente da razão entre os volumes finais V_f e iniciais V_i , sendo dado pela seguinte equação:

$$W_{iso} = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) \quad (36)$$

Podemos comparar as características de um processo adiabático e um isotérmico para um gás ideal que sofreu uma mesma variação de volume ΔV , observando as medidas feitas em laboratório de termologia, conforme mostra a figura 8.

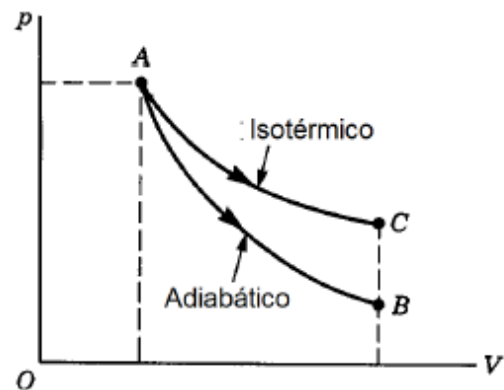


Figura 8: A compressão isotérmica leva a uma pressão maior que a adiabática, para uma mesma variação de volume ΔV de uma mesma amostra de gás.

Na expansão isotérmica, a variação de volume será menor que a da expansão adiabática, pelo motivo de não haver diminuição de temperatura $\Delta T = 0$ que provocaria uma contração adicional do gás.

O sinal do trabalho isotérmico W_{iso} vai depender dos casos em que ele for realizado:

- Se for uma *expansão isotérmica* o trabalho é sempre *positivo*, porque $V_f > V_i$ e o logaritmo natural $\ln(V_f/V_i)$ vai ser maior que a unidade.
- Se for uma *compressão isotérmica*, $V_f < V_i$ e a razão dos volumes será menor que 1. Assim, o logaritmo natural de um número me-

nor que 1 é negativo e, portanto, o trabalho é uma quantidade negativa.

C. Segunda lei e Máquinas Térmicas

A segunda lei da termodinâmica tem sido expressada de muitas maneiras diferentes. Sucintamente, se pode expressar como o enunciado de Clausius das máquinas térmicas:

É impossível construir um dispositivo que opere, segundo um ciclo, e que não produza outros efeitos, além da transferência de calor de um corpo frio para um corpo quente.

Em outras palavras:

É impossível a construção de um dispositivo que, por si só, isto é, sem intervenção do meio exterior, consiga transferir calor de um corpo para outro de temperatura mais elevada;

A partir desse enunciado, pode-se estabelecer a impossibilidade do "refrigerador ideal". Assim, todo aparato refrigerador, para retirar calor de um ambiente, produzirá mais calor externamente, por consequência:

É impossível construir um dispositivo que opere num ciclo termodinâmico e que não produza outros efeitos além do levantamento de um peso e troca de calor com um único reservatório térmico.

Em outras palavras temos o enunciado de Kelvin-Planck:

É impossível a construção de um dispositivo que, por si só, isto é, sem intervenção do meio exterior, consiga transformar integralmente em trabalho o calor absorvido de uma fonte a uma dada temperatura uniforme.

Do enunciado de Kelvin-Planck para a segunda lei da termodinâmica, tem-se como consequência a impossibilidade do "motor ideal". Toda a máquina produzirá energia a ser utilizada com desperdício de parte desta em calor a ser perdido.

Alguns autores chamam tal enunciado como "postulado" de Kelvin e assim o descrevem: Nenhum processo é possível onde o único resultado é a absorção de calor de um reservatório e sua conversão completa em trabalho.

Destas definições pode-se associar também o enunciado de Carnot: Para que uma máquina térmica realize trabalho são necessárias duas fontes térmicas de diferentes temperaturas e não existe nenhuma máquina térmica que possa converter integralmente, calor em trabalho.

D. Ciclo de Carnot

A figura no topo da página mostra a identificação dos inícios e dos finais de cada processo que compõem um ciclo de Carnot.

O ciclo inicia no instante 1 caracterizado por uma pressão P_1 , um volume mínimo V_1 e uma temperatura inicial T_1 do gás e um processo de expansão isotérmica leva a uma diminuição de volume e pressão, mantendo a temperatura de modo que o estágio 2 final é caracterizado pelas variáveis termodinâmicas (P_2, V_2, T_1) .

A seguir, ocorre uma expansão adiabática que altera a temperatura do gás, a qual diminui de T_1 para T_2 , mas a pressão do gás cai para P_3 e o volume aumenta de V_2 para V_3 e o gás atinge esse volume máximo, com o máximo de deslocamento do pistão móvel que o comprime, aonde o gás é caracterizado pelos valores de variáveis de estado (P_3, V_3, T_2) .

O processo continua, pois uma compressão isotérmica com o gás a uma temperatura constante T_2 , faz com que o volume diminua de V_3 para V_4 e a pressão aumente forma que o estado final 4 fique (P_4, V_4, T_2) .

Finalmente, uma compressão adiabática aumenta a temperatura para T_1 , restaurando o volume, a pressão e a temperatura aos valores iniciais do ciclo, (P_1, V_1, T_1) .

Das curvas isotérmicas, pode-se concluir que valem as seguintes expressões:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad P_3 V_3 = P_4 V_4$$

Enquanto que as curvas adiabáticas considerando que o gás possua um expoente adiabático $\gamma = C_p/C_V$ conhecido implicam nas seguintes igualdades:

$$P_2 V_2^\gamma = P_3 V_3^\gamma \quad P_1 V_1^\gamma = P_4 V_4^\gamma$$

Nesse ciclo, uma quantidade total de calor Q_1 é retirada de um reservatório quente e uma quantidade de calor Q_2 é levada para um reservatório frio.

O trabalho mecânico total W realizado pelo gás é a área de figura do diagrama $P - V$ limitada pelas curvas isotérmicas e adiabáticas. sendo a somatória dos trabalhos mecânicos realizados em todos os percursos.

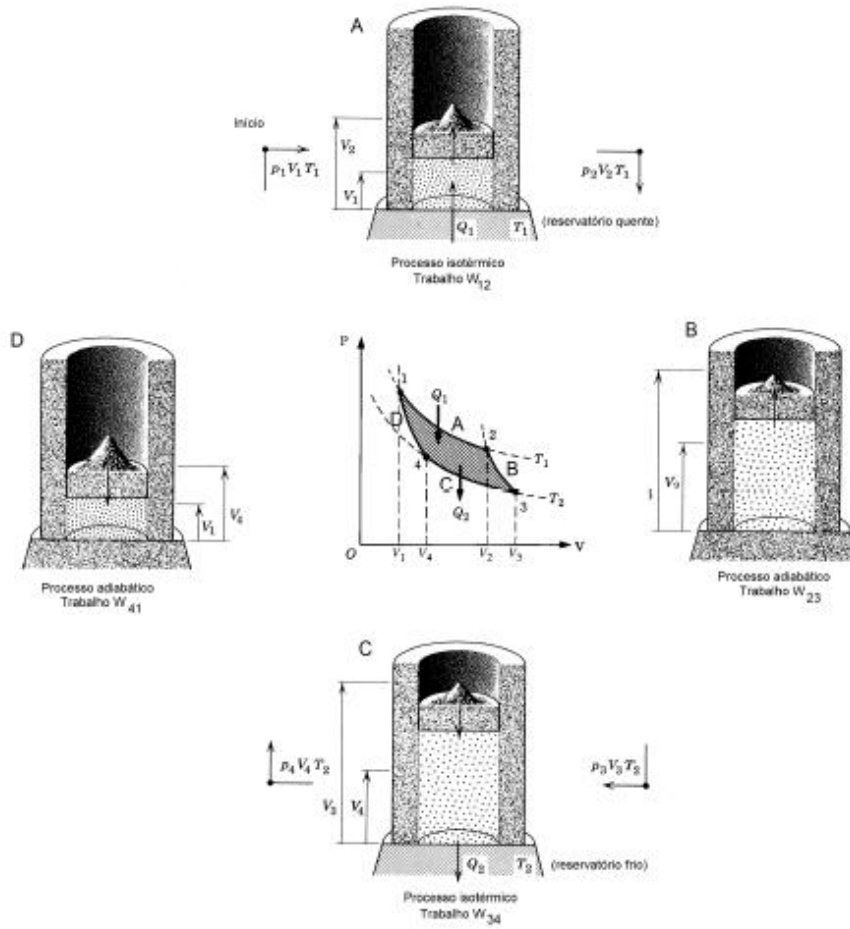


Figura 9: Ciclos compostos por processos isotérmicos e adiabáticos que definem cada passo de funcionamento de uma máquina térmica.

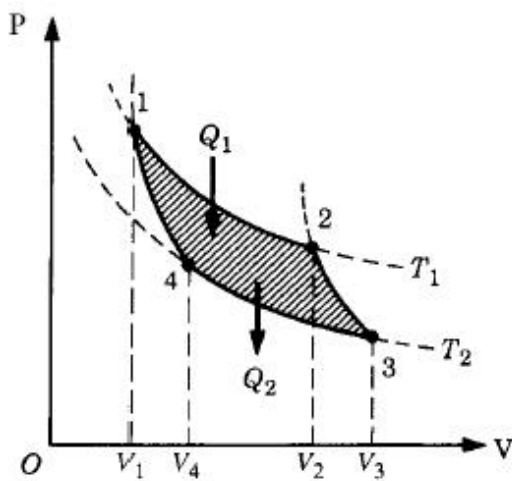


Figura 10: Definição dos passos de cada processo em um ciclo de Carnot.

Escrevendo os trabalhos mecânicos para cada trecho, temos que cada termo dessa equação fica na seguinte forma:

- Para os trajetos isotérmicos:

$$W_{12} = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$W_{34} = -nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

- Para os trajetos adiabáticos:

$$W_{23} = \frac{nR (T_1 - T_2)}{\gamma - 1}$$

$$W_{41} = \frac{nR (T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$$

$$W = W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41}$$

Somando-se essas quatro expressões, obtemos o trabalho total W realizado pelo gás em um único ciclo de Carnot, que é a área hachurada na figura, no diagrama $P-V$.

$$W = nR(T_1 - T_2) \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (37)$$

Pela primeira lei da Termodinâmica, processos isotérmicos como o $1 \rightarrow 2$ e $3 \rightarrow 4$ não variam a energia interna porque não alteram a temperatura e a quantidade de calor é igual ao trabalho realizado. Logo, os trechos isotérmicos caracterizados pela temperatura T_1 e T_2 e temos que a quantidade de calor é igual ao trabalho realizado pelas isotermas nesses respectivos trechos, na forma $W_{12} = Q_1$ e $W_{34} = Q_2$.

Os trechos adiabáticos $2 \rightarrow 3$ e $4 \rightarrow 1$ não trocam calor com as vizinhanças e não entram nesse cálculo e não contribuem com o fluxo de calor da máquina para as suas vizinhanças.

Como Q_1 é o calor absorvido pela máquina do reservatório quente de calor e que entra no gás, possui o sinal positivo. Da figura podemos ver que $-Q_2$ é o calor devolvido por ela para o reservatório frio e como essa energia saiu do gás, seu sinal é negativo.

Pela primeira lei da termodinâmica, o trabalho mecânico na isoterma que vai de 1 para 2 ($1 \rightarrow 2$), W_{12} é Q_1 $W_{12} = +Q_1$ e o trabalho mecânico da segunda isoterma é $W_{34} = -Q_2$.

Das fórmulas anteriores, vemos que para as isotermas:

$$\frac{W_{12}}{T_1} = -\frac{W_{34}}{T_2} = nR \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

Como os volume V_1 e V_2 são limites fixos para a máquina térmica e $W_{12} = +Q_1$ e $W_{34} = -Q_2$, podemos concluir que:

$$\frac{Q_1}{T_1} = -\frac{Q_2}{T_2}$$

Logo, podemos concluir que em uma máquina de Carnot que é alimentada por uma fonte quente a uma temperatura $T_1 = T_q$ e que transporta parte da energia para uma fonte fria $T_2 = T_f$:

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad \left| \frac{Q_q}{Q_f} \right| = \frac{T_q}{T_f} \quad (38)$$

Pelo termo *eficiência térmica* da máquina de Carnot temos o trabalho total W realizado pela máquina térmica dividido pela quantidade de calor Q_1 que é fornecido a ela. Portanto, a eficiência ϵ_C de um ciclo de Carnot com $T_1 > T_2$, é:

$$\epsilon_C = \frac{W}{Q_1} = \frac{T_q - T_f}{T_q} \quad (39)$$

E. Rendimento de máquinas térmicas

Logo, a eficiência térmica ϵ_C em um ciclo de Carnot é a diferença de temperatura entre as fontes quentes e frias dividido pela temperatura da fonte quente.

Outra maneira de escrever uma expressão para calcular ϵ_C é obtida se conhecermos quanto calor é retirado da fonte quente $|Q_q|$ e enviado para a fonte fria $|Q_f|$:

$$\epsilon_C = 1 - \left| \frac{Q_f}{Q_q} \right| \quad \epsilon_C = 1 - \frac{T_f}{T_q} \quad (40)$$

O coeficiente de eficiência térmica (*COE*) de uma máquina térmica que atua como uma bomba de calor transferindo calor entre dois ambientes é uma *medida de desempenho* das máquinas como refrigeradores comerciais, sendo calculada dividindo-se a quantidade de calor retirada da fonte fria Q_f ou compartimento frio dividido pelo trabalho mecânico W realizado ao gás refrigerante, em um ciclo.

E em uma máquina térmica, a diferença da quantidade de calor retirada de uma fonte quente $|Q_q|$ e quantidade enviada para uma fonte fria Q_f é o trabalho mecânico W realizado pela máquina:

$$W = |Q_q| - Q_f$$

O *COE* pode ser calculado por uma das séries de fórmulas abaixo, dependendo dos dados que as medições do problema fornecem:

$$COE = \frac{Q_f}{W} = \frac{Q_f}{|Q_q| - Q_f} = \frac{Q_f/|Q_q|}{1 - Q_f/|Q_q|} \quad (41)$$

Como foi derivado anteriormente pela análise de cada processo dentro do Ciclo de Carnot, que é o modelo teórico de máquina térmica com maior

rendimento possível e que funciona entre duas temperaturas quente T_q e fria T_f com diferenças de temperaturas $\Delta T = T_q - T_f$:

$$\frac{Q_f}{|Q_q|} = \frac{T_f}{T_q}$$

$$COE_{max} = \frac{T_f/T_q}{1 - T_f/T_q} = \frac{T_f}{T_q - T_f} = \frac{T_f}{\Delta T} \quad (42)$$

O trabalho mecânico W realizado pela máquina refrigerador é calculado conhecendo-se a quantidade de calor retirada de uma fonte quente por ciclo e o seu coeficiente de eficiência da bomba de calor, reescrevendo novamente essas equações acima:

$$W = \frac{|Q_q|}{1 + COE} = \frac{|Q_q| - W}{W} \quad (43)$$

$$COE = \frac{|Q_q| - W}{W} \quad (44)$$

Para uma máquina térmica real, temos o cálculo da eficiência termodinâmica, ε_{th} que é a razão entre o rendimento real medido para a máquina e o rendimento de Carnot ε_C esperado sob as mesmas condições. Como nenhuma máquina térmica pode ter rendimento superior à máquina de Carnot, esse número será sempre menor que a unidade. Se multiplicado por 100, temos essa quantidade expressa como uma porcentagem.

$$\varepsilon_{th} = \frac{\text{rendimento real}}{\text{rendimento Carnot}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_C} \quad (45)$$

F. A definição da Entropia

O conceito de entropia está relacionado ao grau de desordem que um gás apresenta. A uma certa temperatura inicial T , em um processo isotérmico a temperatura T , a quantidade de calor ΔQ recebida pelo gás fornece energia para aumentar a desorganização das partículas. Se a mesma quantidade de calor for retirada em um processo isotérmico, o nível de desorganização das moléculas diminui.

Nunca calculamos a entropia absoluta S de um sistema termodinâmico, mas sim a variação da entropia inicial $\Delta S = S_f - S_i$ quando houver troca de

calor ΔQ com o meio, usando a seguinte fórmula que a define, para uma dada temperatura T , sendo medida em Joules por Kelvin.

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad (46)$$

A variação de entropia de um processo adiabático que não permite troca de calor $\Delta Q = 0$ é, obviamente, zero e independe da temperatura inicial.

A variação de entropia de um gás ideal que passe de um estado inicial (T_i, V_i) para um estado final (T_f, V_f) é dada por uma fórmula um pouco mais complexa:

$$\Delta S = nC_V \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right) + nR \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right) \quad (47)$$

Em termos da entropia e do trabalho mecânico realizado por um gás, temos a *identidade fundamental da termodinâmica*, em termos da variação de entropia ΔS e do trabalho mecânico $W = P\Delta V$ sofrido pelo gás.

$$\delta E_{int} = T\Delta S - P\Delta V \quad (48)$$

A entropia é, então, uma função de estado termodinâmico e independe do tipo de percurso que o processo termodinâmico sofre para chegar do estado inicial i para o estado final f .

VII. ENTROPIA E A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

Em um ciclo de Carnot, a variação de entropia por ciclo é zero porque somente ocorre troca de calor nos processos isotérmicos.

$$\Delta S_{Ciclo} = 0$$

A variação de entropia de qualquer sistema que recebe calor é numericamente igual à variação de entropia do reservatório térmico que cede calor para o sistema, de modo que a soma dos dois é zero, porque ambas as quantidades ΔS são as mesmas em valor absoluto, mas os sinais são negativos porque se uma delas aumenta e a outra diminuiu pela mesma quantidade.

$$\Delta S_{sistema} = \Delta S_{reservatorio}$$

A segunda lei da termodinâmica pode ser reescrita em termos da definição da entropia:

Quando um sistema sofre um processo entre dois estados de equilíbrio, a entropia total (sistema + ambiente) nunca diminui., o que equivale a dizer que $\Delta S \geq 0$.

A segunda Lei formulada em termos da entropia só estabelece que a entropia do sistema e do ambiente (Universo) nunca pode diminuir quando o sistema efectua um processo. Portanto, a entropia total pode aumentar ou manter-se constante.

VIII. FUNCIONAMENTO DE CÂMARAS FRIAS

Para manutenção de câmaras frias e refrigeradores comerciais e de uso doméstico, o técnico deverá dispor das seguintes ferramentas: bomba de alto vácuo, vacuômetro, detetor de vazamentos compatível com o gás refrigerante, cilindro graduado de carga, lixa, chave de boca, equipamento de solda oxi-acetilênica, cortador de tubos, alicate amassador de tubos, varetas de solda prata e/ou vareta solda phoscooper, fluxo de solda e pasta, aparelhagem para recolher gás refrigerante usado, válvula perfuradora de tubos, alicate universal, lima de corte para tubo capilar, cilindro para coleta e descarte de gás refrigerante usado, registro de linha e/ou engate rápido, "manifold" ou analisador de pressão e um multímetro com função ohmímetro. Como podemos ver, o investimento necessário para dar suporte técnico a dispositivos de refrigeração é requer muita competência, perícia e substancial capital investido em equipamentos e recursos.

A escolha de uma bomba de vácuo é feita em termos da sua vazão medida em CFM (pés cúbicos por minuto) e dependerá do tamanho interno do sistema aonde o gás refrigerante deve circular. Em sistemas domésticos, usa-se bombas de óleo de 1,5 CFM, para sistemas comerciais de 3 a 5 CFM e para sistemas de grande porte como câmaras frigorífica emprega-se bombas de óleo entre 10 e 15 CFM.

Os gases refrigerantes usados em refrigeração comercial e industrial são tipo CFCs que são formados por moléculas de cloro-flúor-carbono. Quando um átomo de cloro é substituído por hi-

drogênio, o gás é chamado de HCFC e quando todos os átomos de cloro são substituídos por hidrogênio, o gás é chamado tipo HFC. São altamente estáveis, não inflamáveis e não tóxicos. Gases do tipo HCFC e HFC se desintegram mais facilmente acima de 30 km de altitude devido a presença do hidrogênio nas suas moléculas, pela ação da radiação ultravioleta solar.

Atualmente, os CFCs mais usados para aplicações AC (ar condicionado), HBP (alta pressão de retorno como secadores, desumidificadores, adegas refrigeradas, expositores de alimentos frios com porta de vidro ou GDM, com temperatura de evaporação superior a -5°C), LBP (baixa pressão de retorno como refrigeradores, freezers, ilhas de congelados com temperatura de evaporação entre -40 e -10°C) e MBP (média pressão de retorno em expositores de bebidas, expositores de sorvetes e gabinetes de auto-serviço para alimentos resfriados, com temperatura de evaporação entre -15 e 0°C), dentre vários, são os seguintes:

- R-134a, Freon R134 ou 1,1,1,2-tetrafluoroetano (CH_2FCF_3) é atualmente o refrigerante escolhido para substituir os CFCs. Os principais motivos são as características ecológicas, que por não conter cloro, não destrói a camada de Ozônio.
- R-404A tem melhor desempenho que o R-507 por ser uma mistura azeotrópica, sendo uma mistura de CFCs ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F} / \text{CF}_3\text{CH}_2\text{F} / \text{CF}_3\text{CH}_3$) ou 1,1,1,2-tetrafluoroetano (HFC-134a)/ Pentafluoroetano (HFC-125) /1,1,1-trifluoroetano (HFC-143a);
- R-600a é um gás refrigerante natural a base de isobutanos que tem sido usado para substituir as misturas R-12 e R-134a mas é inflamável;
- R-290 é uma mistura de metanos muito inflamável como o trifluorometano e propanos e só pode ser usado em refrigeradores herméticos;
- R-22 é um gás refrigerante a base de clorodifluorometano (CHClF_2) que tem efeitos depressivos sobre o sistema nervoso central.
- Outras misturas ou "blends".

Como os gases refrigerantes são clorofluorcarbonado, sua liberação atmosférica deve ser evi-

tada. O técnico deve recolher o gás em vasilhames próprios que depois devem ser reciclados e o gás, neutralizado quimicamente.

Um compressor consiste internamente em duas bobinas. Uma bobina principal de baixo campo magnético e baixa resistência elétrica. Por ela só deverá circular uma corrente elétrica baixa, na ordem de 800 mA -1 A que mantém a rotação do motor do compressor. Há também uma bobina auxiliar de alta corrente e baixa resistência elétrica, mas que gera um alto campo magnético. Essa bobina auxiliar aplica um campo intenso mas momentâneo que faz com que o eixo do motor do compressor inicie a rotação (arranque mecânico) de forma similar a um motor de arranque de automóveis. Quando acionado pelo relê, uma corrente momentânea que excede 7 A provoca a partida do motor por alguns milissegundos. Depois essa bobina é desligada e a bobina principal mantém o compressor ligado a um consumo mais baixo de corrente. A bobina auxiliar não deve ser ligada por mais de alguns segundos senão seus fios derretem pelo sobreaquecimento e o compressor será danificado permanentemente.

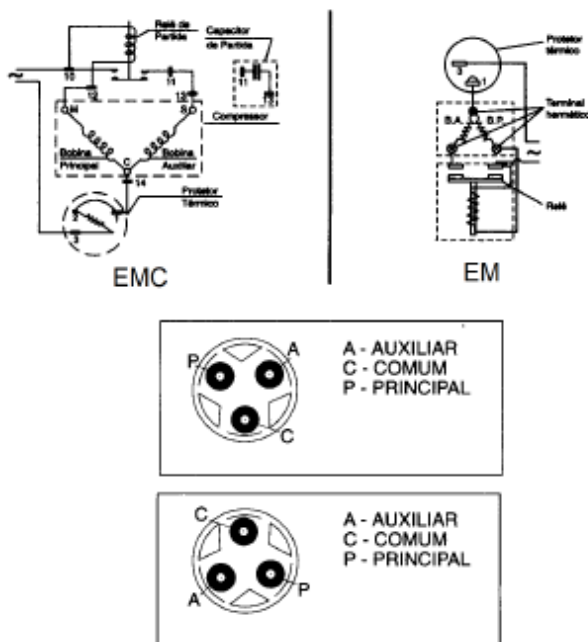


Figura 11: Esquema de conexões elétricas de um compressor de refrigerador usado para conservação de pequenos volumes de alimentos, usando somente um relê eletromecânico (EM) ou um relê mais capacitor de partida (EMC).

Para ligação de um compressor em uma gela-

deira de pequeno porte, a conexão elétrica do motor interno do compressor é feita por um relê e um protetor térmico. O relê é um dispositivo eletromecânico que permite o contato momentâneo entre os seus terminais sempre que uma corrente elétrica for aplicado em sua bobina interna.

O protetor térmico é um dispositivo que permite a passagem da corrente elétrica e é fixo no corpo metálico do compressor. Se o compressor esquentar muito, o protetor térmico se sobreaquecerá e a passagem da corrente elétrica será automaticamente interrompida para evitar danos maiores ou, até mesmo, incêndios. O capacitor de partida serve para aplicar uma pequena carga a bobina de partida do motor e, quando o motor estiver em movimento alimentado pela bobina principal, ele não é mais usado. Um dispositivo PTC também pode ser usado para proteção térmica do compressor.

A. Câmara fria

As partes principais de uma câmara fria de uso industrial está mostrada na figura abaixo.

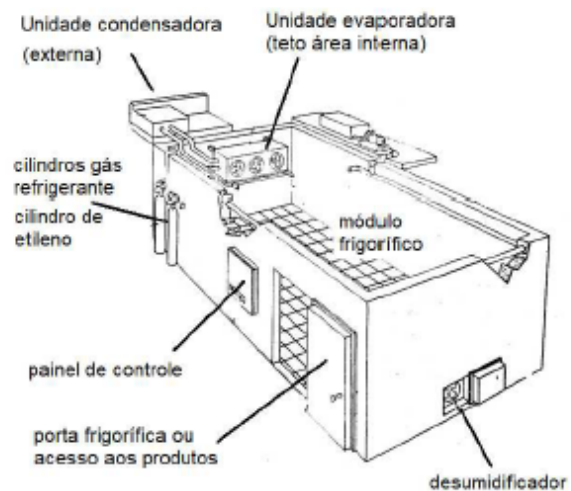


Figura 12: Partes principais de uma câmara fria para conservação de alimentos.

No termostato KP61, o operador regula a temperatura dentro da câmara frigorífica. No sistema de "pump down" controlado por esse termostato, ocorre o recolhimento do fluido refrigerador para o tanque de líquido na parada do sistema. A válvula solenóide EVR, do tipo normalmente fechada, é controlada pelo termostato da câmara KP61.

Quando a temperatura da câmara começa a subir, o contato do termostato fecha energizando o solenóide que permite o fluxo do fluido refrigerante do tanque para a válvula de expansão, pela pressurização que é obtida pelo acionamento do compressor por esse solenóide. Quando a temperatura cai até o valor desejado, o fluido refrigerante é bloqueado mas o compressor continua funcionando até que a diferença de pressão entre a entrada e a saída do compressor ative o pressorstato KP15 que o desliga. Assim, o pressorstato que monitora a baixa pressão tem rearme automático e permite a partida do compressor se o valor das diferenças de pressão estiver adequada. O pressorstato tem uma unidade de alta pressão que só pode ser rearmada manualmente porque sua ativação indica problema técnico de possível obstrução do fluido refrigerador entre o condensador e o evaporador.

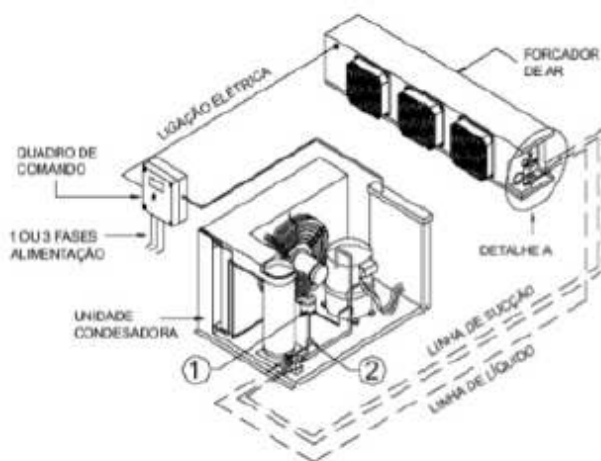
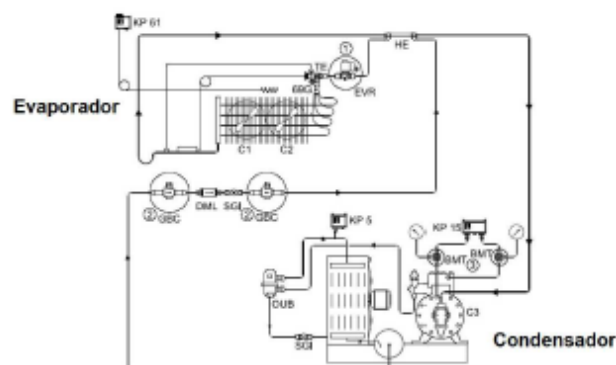


Figura 13: Estrutura interna dos módulos principais que produzem a refrigeração no interior da câmara fria.

Diferentemente dos refrigeradores domésticos aonde o compressor é hermético, o compressor das câmaras frias são semi-herméticos o que facilita a troca de peças.

O filtro secador (DML) e o visor de líquido e indicador de umidade (SGI) estão isolados por meio de duas válvulas de bloqueio manual (GBC) que são usadas para uma eventual troca de compressor.

O trocador de calor intermediário (HE) está conectado na linha fria de sucção e a de fluido em estado líquido (quente) de forma similar ao tubo capilar que passa por dentro do tubo de sucção da geladeira doméstica. Esse trocador garante o su-



KP-61 : termostato interno da câmara
EVR: válvula solenóide
KP-15: pressorstato
DML: filtro secador
HE: trocador de calor intermediário
TE: válvula de expansão
OUB: separador de óleo
GBC: válvulas de bloqueio manual
SGI: indicador de umidade
C3: compressor

Figura 14: Sistema de refrigeração e fluxo de fluido refrigerador mostrando as diversas estruturas de controle de fluxo.

resfriamento do fluido e o aumento da eficiência do sistema (COP).

A válvula termostática de expansão (TE) possui dois bulbos, um que monitora a temperatura do fluido na saída do evaporador e outro para a tomada da pressão para fins de equalização externa.

O separador de óleo (OUB) retira o óleo que é arrastado no processo de compressão para retornar ao cárter do compressor.

Uma animação sobre o funcionamento dessas partes interligadas pode ser vista nos seguintes links:

www.youtube.com/watch?v=GQc4AQtr7Fk

www.youtube.com/watch?v=jjf16ThF5aw

www.youtube.com/watch?v=vHdAHYJ16no

As câmaras frias possuem várias aplicações além do congelamento de alimentos. Elas ainda são usadas como câmaras frigoríficas para sementes onde é necessário um desumidificador, equipamento utilizado para tirar a umidade do ambiente. Para amadurecimento artificial de frutas, podemos fornecer frutas de consumo imediato a partir de frutas verdes estocadas e que, além de conter um desumidificador há um dosador de etileno que age como hormônio vegetal.

Os efeitos do etileno que levam ao amadurecimento de frutas são:

- Oxidação de lipídios: Essa reação é produ-

zida pelo etileno e é responsável pelo rompimento nas fibras do fruto, tornando-o macio;

- Quebra das ligações de amido: A doçura das frutas maduras aparece neste momento: durante a quebra das ligações do amido presente em sua composição;
- Quebra das moléculas de clorofila: O etileno é responsável ainda por quebrar as moléculas de clorofila presente na casca do fruto, que lhe confere a cor verde. Após esta reação, dependendo do fruto, a coloração fica avermelhada ou amarelada.

Um tomate libera etileno quando amadurece e isso pode ser usado para acelerar o amadurecimento de outras frutas verdes. Basta colocar o tomate junto com as frutas verdes e envolver tudo em plástico de cozinha por um ou dois dias, a temperatura ambiente.

A tabela a seguir mostra as condições de conservação de alguns alimentos em uma câmara de refrigeração.

Produto	Temperatura de Conservação (°C)	Período de armazenamento
Cordeiro Congelado	-18	6-8 meses
Porco Congelado	-18	4 - 6 meses
Aves Congeladas	-29	9 - 10 meses
Cereja Congelada	-18	10-12 meses
Caqui	-1	2 meses
Maçã	-1	2 - 6 meses
Peixe Congelado	-18	2 - 4 meses
Crustáceos	0,5	3 - 7 dias
Queijos	-1 a 7	variável
Leite	0,5	7 dias
Ovos Congeladas	-18	12 meses
Brócolis	0	7 - 10 dias
Cenoura fresca	0	4 - 5 meses
Pão Congelado	-18	mais de uma semana
Alface	0	3 - 4 semanas
Batata	3,3 a 10	4 - 8 meses
Tomate maduro	-0,5	2 - 7 dias
Abóbora	10 a 13	2 - 6 meses

Experimento 9. Cozimento a Vapor

Objetivo do experimento: Estudar as propriedades da produção de vapor em uma panela de pressão.

Lista de materiais:

- Panela de pressão;
- Nanômetro;
- Fogareiro;
- Água;
- Papel milimetrado.

Procedimento:

Coloque 600ml de água dentro da panela de pressão, feche bem e coloque sobre uma chama aptesa (fogareiro). Anote as medidas da temperatura a cada variação de 0,5 psi da pressão.

Responda as seguintes questões:

Questão 9.1 Fazer o gráfico da pressão x temperatura.

Questão 9.2 Qual das três Leis da Termodinâmica se aplica e a partir de qual temperatura?

Questão 9.3 Qual o número de mols de água à 100°C?

Questão 9.4 Por que não é linear para qualquer temperatura?

Experimento 10 - Lei de Boyle

Objetivo do experimento: Estudar a Lei de Boyle.

Lista de materiais:

- Aparelho com êmbolo móvel anexado a um nanômetro;
- Papel milimetrado.

Procedimento:

Gire o êmbolo, diminuindo o volume de ar dentro da câmara. Anote os valores do volume a cada diminuição de 2atm de pressão dentro da câmara. Observe todo o procedimento e responda as seguintes questões:

Questão 10.1 Obtenha os dados da pressão versus volume e faça o gráfico. Qual a característica do gráfico?

Questão 10.2 Faça o ajuste de mínimos quadrados no gráfico $\log P$ x $\log V$ e obtenha o expoente adiabático do ar (γ).

Universidade Federal de Santa Maria
 Centro de Ciências Naturais e Exatas
 Departamento de Física
 Programa FIEX/PROLICEN 2017
 Registro GAP/CCNE N° 039511 e 042759

Material Didático FÍSICA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

UNIDADE 4 FLUÍDOS – Parte II

I. INTRODUÇÃO

Dois insumos líquidos importantes são usados na indústria alimentícia e produtos derivados comerciais da agroindústria, o *leite* e a *água*.

Ambos possuem propriedades físicas e químicas completamente distintas e devem ser estudados individualmente.

II. MAS O QUE É "A ÁGUA"?

A água é uma substância química que ocorre na forma líquida em grande abundância no planeta Terra, constituindo a base dos seres vivos.

De fato, o corpo humano necessita das propriedades físicas da água como regulador térmico e como solvente de diversas substâncias essenciais para manutenção da vida.

No caso da água, as forças de coesão e aderência intermoleculares são superiores àquelas encontradas em qualquer outro líquido à temperatura ambiente das condições normais de temperatura e pressão que, no sistema internacional de unidades são 10^5 Pa (aproximadamente uma atmosfera de pressão) e 273,15 Kelvin (aproximadamente zero graus centígrados) para a temperatura.

Essas forças de adesão são vistas para qualquer temperatura inferior ao ponto de ebulição da água, quando ela passa do estado líquido ao estado de vapor.

A molécula de água tem uma estrutura aonde as ligações covalentes entre o hidrogênio e o oxigênio são sobradas por um ângulo de $104,5^\circ$ e a distância média entre os prótons dos núcleos dos hidrogênios ao centro do núcleo do átomo de carbono é 0,0958 nanômetros.

A forte diferença de eletronegatividade entre o hidrogênio e o oxigênio fornece um caráter iônico de 33% em cada ligação H-O e a soma dos vetores de polarização fornece um vetor de dipolo elétrico resultante de 1,85 debye.

Embora uma ligação polar seja necessária para uma molécula apresentar dipolo elétrico resultante, nem todas as moléculas com ligações polares exibirão dipolos elétricos resultantes. Por exemplo, a molécula de dióxido de carbono CO₂ (O=C=O) possuem ligações fortemente polares (1,0 debye para ligação dupla O=C), mas como ela é uma molécula linear, o dipolo elétrico resultante é praticamente desprezível porque a soma de vetores de mesmo módulo e direções opostas é um vetor nulo.

Essa natureza polar da molécula de água possibilita que várias moléculas fiquem bem próximas umas às outras e que formem grupos de modo que produzem uma grande tensão superficial na superfície desse líquido.

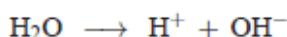
A água, portanto, é um ótimo solvente polar onde outras moléculas polares podem ser encontradas e mantidas na forma líquida.

III. O CARÁTER ANFÓTERO DA ÁGUA

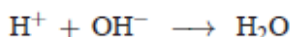
A acidez de Arrhenius é definida com respeito a dissociação de substâncias pela água, na seguinte forma:

- Um *ácido de Arrhenius* é a substância que, quando se dissolve em água, produz prótons livres H⁺;
- Uma *base de Arrhenius* é a substância que, quando se dissolve em água, produz íons hidroxila livres OH⁻;

A água líquida possui moléculas altamente polares que interagem entre si por diversas formas. Moléculas discretas de H₂O, quando passam próximas umas das outras, podem quebrar ligações covalentes entre o hidrogênio e o oxigênio na seguinte direção, liberando prótons livres e radicais hidroxila no meio intermolecular:

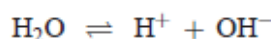


Mas esses íons liberados se recombinaem com outros de carga oposta, formando novas moléculas de água, na seguinte direção:



Como essa dissociação está em equilíbrio na água líquida, temos que em um dado intervalo de tempo, o número de íons H^+ ou OH^- formados é igual ao número de moléculas de água H_2O produzidas pela recombinação e água não se acidifica ou alcaliniza com o tempo e a solução aquosa permanece neutra e estável.

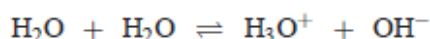
Assim, temos a equação de auto-ionização da água líquida, que caracteriza o equilíbrio químico:



Assim, a água é uma substância que dissocia a própria água para formar íons H^+ , além de fazer o mesmo efeito de produzir quantidades iguais de OH^- .

Logo, a água é simultaneamente um ácido de Arrhenius e uma base de Arrhenius, de modo que é a única substância natural que pode ser caracterizada como um *composto anfóterico* de Arrhenius.

Outra forma possível de auto-ionização da água é aquela que envolve duas moléculas de H_2O para formar o íon hidroxônio H_3O^+ conforme a seguinte reação:



Não observamos variação da acidez ou alcalinidade da água pura mesmo quando aplicamos uma grande variação de temperatura porque a taxa de produção de H^+ aumenta na mesma quantidade de OH^- , de forma que a sua diferença em concentração no meio aquoso será nula.

De fato, a água pura, livre de íons e constituída somente por moléculas de H_2O não seria condutora de eletricidade porque campos elétricos aplicados em duas placas condutoras de material não reativo como o ouro e a platina não provocariam movimentos expressivos nessas moléculas eletricamente neutras.

Na prática, verifica-se que a condutividade da água é um valor alto, mas mensurável.

O fato de existirem íons positivos (H^+ e H_3O^+) e negativos (OH^-) pela auto-ionização da água, faz com que a condutividade elétrica da água deionizada seja aproximadamente entre 0,055 e 10,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens por centímetro) o que, de acordo com a teoria de Arrhenius, só pode ser explicada pela presença de íons gerados internamente no meio aquoso. Esse intervalo de condutividade implica que a água pura possuirá uma resistividade entre 10 e 18 $\text{M}\Omega/\text{cm}$, já que a resistividade é o inverso da condutividade.

Assim, qualquer tipo de sal dissolvido em água produz um aumento da condutividade elétrica do meio aquoso, pelo efeito da dissociação iônica.

Uma salmoura consiste em água pura adicionada de uma quantidade de massa de cloreto de sódio (NaCl) aonde os cátions Na^+ e ânions Cl^- são liberados pela dissociação pela água e melhora a passagem da corrente elétrica pela solução.

Experimento 11 - Quebrando o auto-ionização da água

Nesse experimento, iremos destruir a equação de equilíbrio da água pura pela passagem de uma corrente contínua em uma amostra de salmoura a 25%.

Diversos ânions serão formados pela aplicação de uma corrente elétrica em uma salmoura e sua liberação ou captura pelos eletrodos dependerá da sua mobilidade em meio aquoso, ou seja, da sua massa atômica A . Pela lei de Newton $F = ma$, uma força elétrica F dará uma maior aceleração para aquele íon que tiver menor valor de A (massa atômica), que apresentará maior mobilidade.

Os cátions Na^+ ($A = 23$), H^+ ($A = 1$) e H_3O^+ ($A = 16 + 3 = 19$) têm a mesma carga e massas atômicas diferentes, com prótons livres H^+ sendo bem mais leves que o sódio Na^+ , que é o íon mais pesado dentro desses três e terá a maior dificuldade de descarga ao redor do eletrodo negativo (catodo).

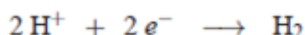
Os ânions formados Cl^- ($A = 35$), OH^- ($A = 16 + 1 = 17$) apresentarão o mesmo comportamento, mas ao redor do anodo que é o eletrodo de carga positiva. Ao redor do eletrodo de polaridade positiva (anodo), os íons de cloro se recombinarão e produzirão elétrons livres do eletrodo metálico produzindo moléculas de Cl_2 que é um gás de coloração amarelo-esverdeada.

Assim, no *anodo*:



Como a densidade do Cl_2 é $3,21 \text{ kg/m}^3$ e a densidade atmosférica ao nível do mar é $1,23 \text{ kg/m}^3$, o cloro é um gás mais pesado e ficará concentrado na região próxima aonde foi disponibilizado, ou seja, no terminal do anodo imerso na salmoura. A pressões relativamente baixas, acima de $7,5 \text{ bar}$ ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$) o cloro se liquefaz em um líquido esverdeado-claro e se solidifica a temperaturas abaixo de -50°C .

Já no catodo ou eletrodo com polaridade negativa, o íon mais móvel é aquele que apresenta menor massa, ou seja o H^+ que captura dois elétrons do eletrodo, produzindo hidrogênio molecular H_2 , conforme a seguinte reação:



Isso porque o H^+ tem maior capacidade de descarga que o Na^+ nesse eletrodo e é liberado na forma de hidrogênio molecular H_2 .

Como a densidade do hidrogênio molecular é $0,089 \text{ kg/m}^3$, bem menor que a densidade atmosférica, esse gás leve se desprende e ascende pela atmosfera, não se concentrando ao redor do catodo.

Os íons de menor descarga (mobilidade reduzida) que sobram na solução e nas proximidades do anodo são Na^+ e OH^- e não formam gases, permanecendo dentro da salmoura. Aumentando a temperatura do recipiente e fazendo a água evaporar, os íons se recombinaem produzindo a forma cristalina de NaOH que se deposita no fundo do frasco na forma de escamas de soda cáustica.

Assim, a eletrólise da água salgada é o processo industrial de obter H_2 , Cl_2 e NaOH (soda cáustica).

Use os seguintes materiais:

- Uma fonte de alimentação de 12 V, 2A, com tensão regulável ;
- 300 mL de salmoura a 25% feita com NaCl e água deionizada;
- Dois eletrodos de grafite montados em um suporte isolado;
- Uma solução indicadora de Fenolftaleína em meio alcóolico.
- Um béquer de 250 mL;

- Um béquer de 100 mL;
- Uma colher plástica descartável.

Em um bequer de 100 mL coloque 100 mL de salmoura 25%. Com um conta gotas, pingue 5 gotas de solução de fenolftaleína dentro da salmoura. Essa solução apresentará uma cor rósea toda vez que estiver presente em uma base de Arrhenius, indicando a presença de íons OH^- em meio aquoso.

Questão 11.1 - Por que a fenolftaleína não muda de cor tão logo é colocada na salmoura ?

Em um béquer de 250 mL despeje o restante da salmoura (200 mL) coloque os eletrodos (anodo e catodo) imersos na salmoura e deixe passar cerca de 12 volts por cinco minutos.

Observe a produção do gás cloro ao redor do eletrodo de polaridade positiva (anodo).

Desligue a fonte de corrente elétrica e remova os eletrodos. Pingue 5 gotas da solução fenolftaleína.

Questão 11.2- O que aconteceu com a coloração da salmoura ?

Questão 11.3 - Como você explica a formação de uma base de Arrhenius a partir da aplicação de uma corrente elétrica na salmoura ? Que solução se formou no béquer?

Questão 11.4- Por que, em qualquer processo de produção de alimentos, somente é permitido usar utensílios de plástico (polietileno) ou de aço inoxidável ?

Questão 11.5- O cloro visto sobre o eletrodo em contato com o ar pode ser classificado como uma suspensão, emulsão, aerossol, colóide ou solução verdadeira ? Justifique a sua resposta.

IV. O LEITE

O leite é um líquido secretado por glândulas mamárias de matrizes de animais mamíferos, sendo composto de 84 a 90% de água, 2,5 a 6% de gordura e de 2,8 a 4,5% de proteínas. A lactose está

presente na faixa de 3,5% a 6% da amostra e temos menos de 1% que são minerais que aparecem na forma de íons de sais dissolvidos em água (cátions Na^+ , K^+ , Ca^+ , etc.), conhecidos como sais minerais.

Essas porcentagens variam entre animais e raças porque a maioria das variações na composição do leite são influenciadas por fatores genéticos, clima, ambientais e o estágio, ordem, persistência de lactação das matrizes. Por exemplo, após o parto, matrizes de mamíferos em geral secretam o colostro, que está presente desde a primeira mamada da cria até aproximadamente 3 a 5 dias. O colostro possui elevado teor de sólidos totais, especialmente na forma de imunoglobulinas que são proteínas do sistema imune da matriz que é passada para a cria no sentido de iniciar a construir seu sistema imunológico.

A ocorrência de doenças, manejo da alimentação e o estágio nutricional das matrizes afetam profundamente a qualidade do leite produzido pelo gado leiteiro.

Assim, você pode concluir que o leite é uma emulsão ou colóide de micelas (glóbulos de gordura e caseína) que estão em um fluido a base de água que contem íons minerais, carboidratos e agregados proteicos de menor massa molecular. Na indústria, esse fluido é chamado de soro e tem a coloração amarelo-esverdeada.

A disponibilidade do leite como bebida energética surge pela presença dos lipídios, lactose e proteínas, aminoácidos não essenciais, ácidos graxos essenciais, vitaminas e elementos inorgânicos.

O leite normal bovino contém 30-35 gramas de proteínas por litro, no qual 76-86% é contido na forma de micelas de caseína. Essas micelas são agregados de milhares de moléculas proteicas que são ligadas entre si por meio de ligações nanométricas de fosfato de cálcio (Figura 1). Uma micela possui dimensões de 0,1 micrometro (μm).

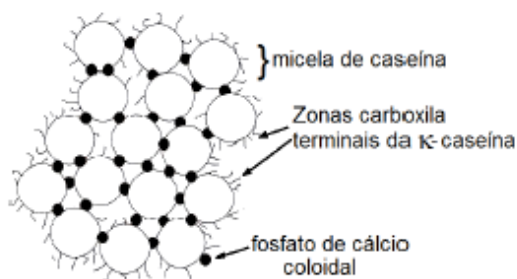


Figura 1: Estrutura molecular das micelas de caseínas presente no leite.

A unidade de gordura básica que compõe as micelas é um triglicerídeo complexo formado de três tipos de ácidos gordurosos chamados palmítico, mirístico e oléico.

Embora existam quatro tipos de caseína, chamadas α_{S1} -, α_{S2} -, β - e κ -.

A κ -caseína reveste externamente todas as micelas e faz o contato com o meio líquido externo ao globo micelar. Essa proteína provoca o surgimento de cargas elétricas na superfície e produzem propriedades elétricas similares de modo que uma micela sempre repele eletricamente a outra.

As partículas suspensas no soro do leite podem ser classificadas de acordo com o seu diâmetro médio, de acordo com a tabela 1 abaixo:

Tabela I: Propriedades das partículas do leite.

Tamanho (mm)	Tipo de partícula
$10^{-2} - 10^{-3}$	glóbulos de gordura
$10^{-4} - 10^{-5}$	fosfatos de caseína-cálcio
$10^{-5} - 10^{-6}$	proteínas menores e espessantes a base de trigo
$10^{-6} - 10^{-7}$	lactose, sais e outras substâncias

Os principais tipos de soluções definidas pela química são as seguintes:

- *Solução verdadeira* : Podem ser do tipo não iônicas ou iônicas, sendo que a diferença entre elas é que essas produzem íons pela dissolução em solvente e aquelas, não. Nas soluções verdadeiras ocorre uma mistura homogênea, partículas com tamanhos menores que $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ e que não podem ser visualizadas ao microscópio óptico em qualquer aumento e não podem ser removidas por filtração;
- *Emulsão* : é uma suspensão de gotículas de uma substância líquida dentro da outra. O líquido que aparece em menor quantidade é chamado de *fase dispersa* e o líquido que aparece em maior quantidade é chamada de *fase contínua* ;
- *Suspensão* : é uma mistura heterogênea que contem partículas de soluto suficientemente grandes para sedimentação, ou seja, maiores que um micrômetro ($1 \mu\text{m} = 1000 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ m}$). As partículas suspensas não se dissolvem com o solvente e podem ser vistas mesmo a olho nu. Com o passar do tempo, podem se concentrar na parte inferior do frasco devido a ação da gravidade;

- *Solução ou suspensão Coloidal* : ocorre quando a matéria existe em um estado intermediário entre uma solução verdadeira e suspensão. As características principais de um colóide são: pequenos tamanhos de partículas, carga elétrica das partículas, afinidade das partículas suspensas por moléculas de água. Ao contrário da suspensão, o colóide não precipita ao fundo do frasco pela ação da gravidade porque as dimensões das partículas de soluto são menores que as da suspensão e só podem ser vistas ao microscópio. As dimensões das partículas suspensas no colóide são intermediárias entre as soluções verdadeiras e as suspensões, ou seja, entre 1 nm e 1 μ m;
- *Aerossol ou particulado* : é quando ocorre a suspensão de gotículas de líquido em um meio gasoso.
- *Solução Tampão (Buffer solution)* : são soluções que atenuam as modificações do pH da solução quando nesta é adicionada uma quantidade de ácido ou base. Essas soluções são utilizadas para manter constante o pH de uma solução.

Nessa classificação, o leite é uma emulsão de gordura/óleo em água enquanto que a manteiga é uma emulsão de água em óleo. Assim, quando transformamos creme de leite em manteiga, apenas invertemos a fase da emulsão.

Substâncias iônicas como sais desestabilizam sistemas coloidais mudando as características de ligação com as moléculas de água e reduzem a solubilidade das proteínas.

Passando um feixe de luz branca em uma suspensão, temos que parte da luz é absorvida e provoca a re-emissão de luz em outras direções que não são a mesma do feixe luminoso original.

Em geral, ocorre alteração de cor porque o espalhamento da luz por partículas é um fenômeno que depende da energia da luz e a luz mais energética é desviada da sua direção original com mais intensidade que a de menor energia. Esse efeito é chamado *efeito Tyndall*.

Por exemplo, um copo de farinha de trigo muito fina (maizena) dissolvida em água parece ser de cor azulada porque a radiação luminosa espalhada pelos grãos finos da suspensão espalham as componentes luminosas de maior energia (violeta e azul) com mais efetividade que as de menor energia (cores laranja e vermelho).

O efeito Tyndall é usado para determinar o tamanho de partículas e sua densidade em aerossóis, junto com a turbidimetria e a ultramicroscopia. Na Tabela II, tem-se um resumo explicativo das principais características das *Solução, Colóides e Suspensão*.

Colóides são translúcidos à passagem da luz e sempre mostram o efeito Tyndall, enquanto que soluções verdadeiras nunca mostram esse efeito e são sempre transparentes. Suspensões são opacas e podem ou não mostrar o efeito Tyndall e podem ser filtradas por papel de filtro comum.

Colóides e suspensões são tecnicamente misturas heterogêneas enquanto que soluções verdadeiras são sempre homogêneas.

Experimento 12 - Propriedades da carga elétrica das micelas de caseína

Até agora, entendemos que a força de repulsão elétrica entre as micelas é que impedem que elas colidam entre si ou que se agreguem conjuntamente, de modo que ficarão sempre separadas sob condições normais em uma *suspensão coloidal estável* onde a fase líquida é mantida pelo soro.

A κ -caseína é uma biomolécula de alto peso molecular (pesa mais que 19 mil vezes o peso do átomo de hidrogênio) que apresenta uma parte interna lipofílica, que se liga às demais caseínas dentro do corpo da micela, e uma parte ramificada filamentar externa, que é hidrofílica e que dá as propriedades elétricas às micelas como um todo.

É de interesse do setor de alimentação humana, obter uma massa dessas micelas para processamento industrial, isolando-as do soro por um processo de coagulação.

Isso pode ser feito pela utilização de enzimas que fazem a hidrólise dos ramos externos da κ -caseína que quebra a ligação entre esse ramo hidrofílico eliminando-a da superfície da micela e tomando as micelas hidrofóbicas.

Enzimas usadas na produção de queijo como a quimosina (ou renina) fazem esse efeito e a coagulação ocorre naturalmente e liberam outros fragmentos como a para- κ -caseína e caseinomacropéptidos hidrofílicos.

A estrutura da caseína dentro das micelas, uma vez ligadas pelo fosfato de cálcio, são muito estáveis ao calor e sobrevivem a processos de pasteurização entre 62-71°C enquanto que proteínas

Tabela II: Comparação entre as propriedades das soluções, dos colóides e das suspensões.

Propriedade	Solução	Colóide	Suspensão
Tamanho da partícula	menos de 1 nm	1 até 100 nm	mais de 100 nm
Aparência	clara	nublada	nublada
Separação	não se separam	não se separam	separam ou misturam
Filtrabilidade	Passa pelo filtro de papel	Passa pelo filtro de papel	partículas não passam pelo filtro e papel
Efeito Tyndall	não (luz passa, as partículas não refletem a luz)	luz é dispersada pelas partículas coloidais	variável
Sedimentação	não	não	partículas podem eventualmente dissolver
Visibilidade	partículas não visíveis sob ultramicroscópio	partículas visíveis sob o ultramicroscópio	partículas visíveis a olho nu
Transparência	transparente, mas, às vezes, colorido	às vezes translúcido e opaco, mas pode ser transparente	às vezes opaco, mas pode ser translúcido
Homogeneidade	homogêneo	homogêneo ou heterogêneo	heterogêneo

vegetais se desnaturam a temperaturas inferiores a esse intervalo.

O fosfato de cálcio é o ingrediente principal de coesão interna da unidade micelar e no soro, por isso, dizemos que o leite é um alimento rico em cálcio.

Nesse experimento, iremos determinar a carga elétrica das micelas de caseína, usando uma amostra de leite UHT.

Coloque a bateria de 12 V no capacitor constituído por dois eletrodos cilíndricos paralelos.

Adicione 150 ml de leite integral diluído em 50 ml de água em um copo plástico.

Coloque o capacitor dentro do leite até que os eletrodos mergulhem cerca de 4 cm.

Aguarde três minutos e retire o capacitor cujos eletrodos estavam imersos na amostra de leite.

Questão 12.1- O que você observa ?

Questão 12.2- Que informações você obtém sobre as cargas elétricas dos filamentos de κ -caseína que revestem externamente as micelas de caseína do leite integral ?

Experimento 13- Quebrando a suspensão coloidal no leite bovino

Vamos agora quebrar a suspensão coloidal pela adição de enzimas que removerão os "fios moleculares" carregados eletricamente da superfície das micelas de caseína.

Pegue um copo com 80 mL de leite não pasteurizado.

Pingue duas gotas de cloreto de cálcio 0,5% e agite bem. Esse suplemento de cálcio é necessário para prover ligações entre as micelas de caseína quando a força de repulsão elétrica entre elas ter sido eliminada pela ação enzimática e parte do cálcio do soro ter se tornado indisponível pelo processo de pasteurização de 2-4 segundos a 130 – 150°C e depois rapidamente resfriado a 32°C que caracteriza o processo de pasteurização a temperaturas ultra-altas (UHT, do inglês "Ultra-High Temperature") que no Brasil é também conhecido como leite longa-vida.

Pingue uma gota de quimosina.

Aguarde 40 minutos.

Observe o resultado explorando o leite com uma colher de plástico.

Questão 13.1- Utilize as informações físicas e químicas já discutidas para explicar por que a massa fica com aspecto "emborrachado"?

A quimosina é produzida industrialmente pelo fungo *Aspergillus niger var awamori*, juntamente com o *Kluyveromyces lactis* e a bactéria *Escherichia coli* em um tanque de fermentação.

O *Aspergillus niger* é o mofo enegrecido de frutas e verduras como pêssego e a cebola, mas foi descoberta no rúmen de teimeiros que normalmente a produzem para auxiliar na digestão do leite de mamíferos ruminantes.

O coágulo produzido é empregado para fazer o queijo, que é um alimento altamente energético, portátil, de longa conservação mesmo a temperaturas ambientes do que o leite, com alto conteúdo de gordura, proteína, cálcio e fósforo.

Historicamente, acredita-se que o queijo tenha sido inventado entre 8000 A.C. e 3000 A.C. por povos nômades do Oriente Médio e Ásia Central, em decorrência da domesticação de ovelhas e cabras e da necessidade de obter alimentos facilmente armazenáveis e transportáveis, de alto valor nutricional e que pudesse ser conservados por períodos muito mais longos que o simples leite comum.

Uma breve reflexão sobre as implicações dessas informações para a produção de queijos é que o tamanho micelar é determinado pela genética das matrizes bovinas de modo que micelas de caseína de pequenos tamanhos e menor grau de acidez do leite podem melhorar as propriedades de coagulação do leite para produção de queijos pela facilidade da coagulação enzimática.

Questão 13.2- Utilize as informações físicas e químicas já estudadas para explicar como você pegaria três litros de leite recém-ordenhados da vaca para fazer manteiga caseira? E para fazer creme Chantilly?

Questão 13.3 - Deixando o leite recém-ordenhado em um copo, somente depois de algumas horas, você percebe que a gordura tende a subir para a superfície, e não se precipita no fundo do copo. Usando o modelo das forças que agem sobre uma esfera de aço no viscosímetro de Stokes, para as gotículas de gordura imersas no soro, explique os fatores físicos que possibilitam esse fenômeno.

Lembre-se que as dimensões dos glóbulos de gordura são na faixa de 0,1 - 15 μm de diâmetro médio e o leite é, na realidade, uma coleção de mais de cem mil espécies moleculares encontradas pela análise em química fina.

Na prática, temos que o leite é:

- uma *emulsão óleo-água* com os glóbulos de gordura dispostos em uma fase contínua sérica (soro do leite);
- Uma *suspensão coloidal* de micelas de caseína, proteínas globulares e partículas com lipoproteínas;
- Uma *solução verdadeira* de lactose, proteínas menores solúveis, sais minerais, vitaminas e outros componentes.

Questão 13.4 - Como funciona um estabilizante artificial e porque ele deve ser adicionado ao leite UHT?

V. INDICADORES DE ACIDEZ

Os principais indicadores ácido-base estão listados na tabela III.

Tabela III: Principais indicadores ácido-base de uso laboratorial.

Indicador	faixa de pH de viragem
fenolftaleína	8,0 (incolor) 9,8 (rosa carmim)
alaranjado de metila	3,1 (vermelho) 4,6 (alaranjado)
azul de bromotimol	6,0 (amarelo) 7,6 (azul)

O indicador mais comum e mais barato de utilizar é a fenolftaleína que na presença de meio básico (rico em íons $-\text{OH}$) assume uma coloração rosa carmim. Entretanto, a forma em pó não se dissolve em água mas se dissolve em álcool. Assim, podemos obter a solução desse indicador em forma líquida nas especificações de Solução Fenolftaleína 1% alcoólica para pH 8,2 a 10,0 no mercado brasileiro.

Outro indicador é o papel tomassol (em inglês "litmus paper") cujo pigmento homônimo muda de cor dependendo da faixa de acidez.

De outra importância fundamental é o leite tornassolado ("litmus milk") que é uma solução nutritiva para produção de culturas bacterianas e que muda de cor indicando o tipo de bactéria que cresceu nesse meio, uma vez que o metabolismo dos microorganismos podem acidificar ou alcalinizar os meios aonde de desenvolvem.

O leite tomassolado é uma solução de tornassol (0,5 g/L), pó de leite desnatado (lactose e caseína) 100 g/L e sulfito de sódio (0,5 g/L) com um pH final similar ao leite de gado bovino não-adulterado (6,8 a 25 °C).

Em ensaios microbiológicos, quando misturamos uma amostra de leite a ser analisado com o leite tornassolado, após algum tempo de incubação pode haver crescimento bacteriano se a amostra estiver contaminada.

Portanto podem acontecer as seguintes situações:

- Leite sem contaminação - a solução se torna roxa ou púrpura;
- Desenvolvimento de bactérias que fermentam a lactose produzindo ácido lático tomam a solução cor-de-rosa escuro (ex. leite contaminado por *Escherichia coli*, sem precipitado, ou *B. cereus* que forma precipitado no fundo do frasco);
- Presença de bactérias que transformam proteínas do leite alcalinizando o meio, formando uma solução azul-marinho (ex. crescimento de *Pseudomona aeruginosa*).
- Cor amarelo-róseo com precipitado amarelado no fundo do frasco (ex: presença de *Enterococcus faecalis*)

Pelo termo *Coliformes Fecais* entendemos grupos de bactérias que existem no trato intestinal de aves e mamíferos e que indicam falta de higiene na preparação de alimentos. O excesso de coliformes fecais em uma amostra mostra exposição ao esgoto e certamente implicam que bactérias que provocam doenças mais graves no ser humano também podem estar presentes.

Os coliformes fecais termotolerantes incluem três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo as duas últimas de origem não fecal.

VI. O LEITE COMO ÁCIDO OU BASE DE ARRHENIUS

O caráter ácido e básico do leite deve sempre ser medido para identificar possíveis adulterações. É importante, ao fazer a medição, verificar a temperatura do leite, pois o pH da substância depende da temperatura. Desta forma, esta deve ser sempre informada juntamente com o valor do pH.

Os processos laboratoriais de medida da acidez do leite é de acordo com os conceitos padronizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA:

<https://www.embrapa.br/>

Os processos estão disponíveis no documento "MET POA/20/01/01 - Determinação de acidez titulável em leite fluido" site do Ministério da Agricultura:

<http://www.agricultura.gov.br/>

A determinação da acidez do leite faz parte da rotina de medidas laboratoriais usadas no controle da matéria-prima pela indústria leiteira. Essa prova é usada para classificar o leite e, em particular, como normas de controle de processos de manufatura do queijo e bebidas láctas.

A acidez titulável de uma amostra é expressa em graus Domic (°D) ou em porcentagem (%) de ácido láctico.

Na prática, o leite fresco normal praticamente não contém ácidos e uma acidez residual aparente é diretamente detectável pela técnica da titulação. Essa acidez é devida a teores naturais de fosfatos e citratos (minerais), proteínas como a caseína e albumina (proteínas) e gás carbônico dissolvido no soro. Assim, a leve acidez intrínseca do leite não é consequência direta da definição de Arrhenius, uma vez que leite alcalino só pode ser obtido diretamente pela adição de uma base como soda cáustica (NaOH) durante a adulteração.

Outro fato importante é que essa acidez aparente é bem menor que a acidez que se forma pela ação bacteriana devido ao seu crescimento em número, cuja propriedade é chamada acidez real ou verdadeira.

Pelo termo *acidez titulável* é a forma de quantificarmos a quantidade ácida do leite (concentração de prótons livres ou íons H⁺) em uma escala graduada, pela ativação do indicador fenolftaleína. Essa graduação é chamada *Escala de Dornic*.

Amostras de leite com acidez titulável mais alta que a faixa normal podem apresentar teores de proteína e minerais maiores do que aquelas com menor acidez titulável. Por essa razão, o resultado do teste de acidez titulável pode variar de 15 a 18°D mesmo para o leite normal que não possui deterioração pela ação bacteriana.

Leite de mastite, que é uma forma de inflamação de glândulas mamárias, é alcalino e seu pH pode chegar entre 7,3 e 7,5.

Na Tabela IV temos situações com os respectivos graus Dornic e valores de pH, e suas consequências quanto aos efeitos da acidez na resistência térmica do leite.

Tabela IV: Interpretação de resultados de valores de pH e da acidez do leite.

pH	Acidez Dornic (°D)	Interpretação dos resultados
6,6 - 6,8	15 - 18	leite normal (fresco)
≥ 6,9	≤ 15	leite típico alcalino leite de vaca com mastite leite do final da lactação leite de retenção leite fraudado com água
6,5 - 6,6	19 - 20	leite ligeiramente ácido leite no princípio da lactação leite com colostro leite em início de processo de fermentação
6,4	±20	Leite que não resiste ao aquecimento a 110°C
6,3	22	Leite que não resiste ao aquecimento a 100°C
6,1	≥ 24	Leite que não resiste ao aquecimento a 72°C
5,5	55 - 60	Leite que começa a flocular a temperatura ambiente
6,5	9 - 13	Soro de queijo

Fonte: adaptado de Rodrigues, Fonseca e Souza (1995).

Os métodos de determinação da acidez podem ser os que avaliam a acidez titulável ou fornecem a concentração de íons de hidrogênio livres, por meio do pH.

Além da acidez e do pH, o leite apresenta outras características físico-químicas, que segundo Silva (1997) são definidas como:

- **Densidade:** a densidade do leite varia de 1,028 g/mL e 1,034 g/mL a 15 °C. Essa variação depende do teor de gordura presente;
- **Calor específico:** em uma temperatura de 15 °C, o calor específico varia de 3,93 kJ/K.kg

(leite integral), 3,95 kJ/K.kg (leite desnatado);

- **Tensão superficial:** a tensão superficial depende do teor dos tensoativos presentes no leite, como as proteínas, ácidos graxos, em que seu aumento ocasiona a diminuição da tensão superficial. O leite integral apresenta uma tensão superficial de 55,3 mN/m, já o leite desnatado apresenta 57,4 mN/m de tensão superficial;
- **Viscosidade:** a presença de proteínas e de lipídeos no leite, torna-o mais ou menos viscoso. Em uma temperatura de 20 °C, o leite integral e o leite desnatado apresentam, respectivamente, um valor de 1,631 mPa.s e 1,404 mPa.s;
- **Condutividade térmica:** em média, a condutividade do leite varia de 4,61 mS/cm a 4,92 mS/cm.

VII. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE DORNIC

No teste da acidez titulável que veremos nesse experimento, uma solução alcalina padrão chamada de solução de Dornic consiste em hidróxido de sódio (NaOH) N/9 ou 0,11 N.

A solução Dornic é adicionada a uma amostra de 10 mL de leite a ser analisado, no qual foi adicionada quatro gotas da solução indicadora alcoólica de fenolftaleína a 1%.

A quantidade dessa solução alcalina, em mililitros, necessária para neutralizar o teor ácido do leite é medida na graduação Dornic no aparelho chamado *acidímetro Dornic*. Agitando-se a amostra de leite durante a titulação, quando a tonalidade começar a ser rosa pela mudança de cor da fenolftaleína, que especifica o grau de acidez. Nesse ponto, a neutralização da acidez do leite foi feita e, adicionando mais gotas da solução Dornic, a amostra começará a ficar alcalina.

Cada 0,1 mL da solução de NaOH N/9 gasto no teste corresponde a 1°D ou 0,1 g de ácido láctico/L (0,01% de ácido láctico).

Para fazer a solução de Dornic precisamos de 4 g de NaOH (P.A., ou 98em 1 litro de água deionizada).

A normalidade de uma solução de NaOH se calcula, primeiro somando as massas atômicas (uma) de todos os átomos que compõem a molécula de NaOH. Da tabela periódica dos elementos temos que H=1 uma, Na=23 uma e O=16 uma, aproximadamente.

Logo, $PM = 1 + 23 + 16 = 40,0$ uma é a massa atômica da molécula de NaOH.

Agora, tomamos essa massa atômica e troca a unidade para gramas, para obter o equivalente-grama da molécula de NaOH. Assim, 40 uma = 40 gramas. Diluindo 40 gramas de NaOH (seu equivalente em gramas da unidade de massa atômica molecular) em 1 litro de água deionizada, temos uma solução de um normal (1 N).

Para obter a solução de Dornic que é 0,1 N de NaOH (solubilidade $K = 1,0$), temos que diluir, em 1 L de água deionizada, um décimo do equivalente-grama de NaOH em pó, ou seja, apenas 4 gramas. Se a solução de NaOH tiver que ser preparada a $N = 0,11$ N, use $m = 4,4$ g em $V = 1$ L de água destilada ou deionizada, segundo a fórmula:

$$m = \frac{NPMV}{K} = \frac{0,11 \cdot 40,0 \cdot 1,0}{1,0} = 4,4 \text{ g}$$

Pela acidez residual do leite fresco, a medida do pH varia entre 6,6 e 6,8, com média de 6,7 a uma temperatura ambiente de 20°C ou 6,6 a 25°C. Isso corresponde a uma acidez que varia de 15 a 18°D ou seja equivalente a 0,15 a 0,18% de ácido láctico.

Para os experimentos, precisamos dos seguintes materiais:

- Solução Dornic = Hidróxido de Sódio N/9 ou 0,11 N;
- Solução Fenolftaleína a 1% S/I alcoólica;
- Tubo de ensaio, copo becker ou erlenmeyer;
- Pipeta Graduada ou Volumétrica com capacidade de 10 ml;
- Frasco conta gotas para a fenolftaleína;
- Bastão de vidro (para homogeneizar a amostra).

A preparação do acidímetro Dornic consiste nos seguintes passos:

1. Coloque no frasco em torno de 200 ml da solução Dornic;

2. Pressione o frasco com a mão, para que o líquido encha a bureta através do sifão;
3. Segure e aperte o gotejador na parte achatada com os dedos Polegar e Indicador fazendo a solução escorrer um pouco para que saia o ar;
4. Pressione novamente o frasco da solução para completar a bureta fixando na marca 0 (ajuste de ponto zero da escala).

Para a técnica de análise de amostra de alimentos lácteos ou o leite fluido, siga os seguintes passos:

1. Pipetar 10 ml da amostra homogeneizada, transferir para tubo de ensaio ou becker;
2. Adicionar 4 gotas do indicador fenolftaleína 1%.
3. Fazer a titulação com a solução Dornic apertando o gotejador até ponto de viragem (aparecimento de coloração rósea discreto) persistente por aproximadamente 30 segundos.
4. A leitura na escala da bureta do acidímetro fornece diretamente a leitura em °D;
5. Caso a solução padrão tenha algum fator de correção dado no laudo da amostra, temos que multiplicar a leitura pelo fator dado.

Vamos, então realizar dois experimentos sobre as propriedades de acidez do leite:

Experimento14 - Determinação da acidez residual do leite normal

Pegue uma amostra de 10mL de leite fresco e coloque em um tubo de ensaio com uma pipeta.

Coloque uma quantidade de quatro gotas de solução padrão indicadora de fenolftaleína.

Usando o acidímetro, goteje a solução alcalina devagar até a amostra começar a ficar rosa.

Anote a leitura da graduação Dornic.

Questão14.1 - Qual seria a escala Dornic correspondente a acidez do leite cru próprio para a industrialização ?

VIII. O TESTE ALIZAROL DO LEITE

O teste Alizarol é um teste rápido para fazer para identificar leite com grau de acidez de Arrhenius fora da normalidade.

O Alizarol é uma solução 2% do indicador Alizarina em etanol a 72° e tem coloração amarelo dourada ou cor de mel. O nome oficial da alizarina é 1,2-dihidroxila-9,10-antracenediona, obtido da raiz da garança (arbusto do gênero *Rubia*). Quando ingerido, o pigmento colore de vermelho, os ossos de animais, como resultado da afinidade química do fosfato de cálcio pelas moléculas do corante.

Embora diga-se que esse teste afirma a qualidade do leite, há certas condições em que o leite normal, em condições de hipercogulabilidade, pode não passar nesse teste quando na presença de álcool.

Os resultados desse teste, com 5 mL de Alizarol e 5 mL de amostra de leite é o seguinte:

- Leite com pH ligeiramente ácido, normal e próprio para a indústria, formação de coloração vermelho-tijolo ou salmão na solução, com a possibilidade de grumos muito finos.
- Leite com excesso de acidez (pH < 5,5) pela fermentação láctica, forma grumos e coloração marrom-clara ou amarelo tipo gema de ovo cozida (colostro), com grumos espessos;
- Leite alcalinizado (pH > 7.0), fraudado com soda cáustica, na tentativa de corrigir a acidez pelo adulterador, fica na cor lilás ou violeta escuro (indica mamite ou presença de neutralizantes alcalinos tipo NaOH).

Via de regra, leite que não passa pelo teste do Alizarol (ou estabilidade ao álcool) não é recolhido para a distribuidora de laticínios e é desprezada ainda na fazenda aonde deveria ser obtido.

IX. PRINCIPAIS ADULTERAÇÕES DO LEITE

As primeiras adulterações do leite, foram por meio da adição de água afim de aumentar o rendimento. Com o passar dos anos, foram surgindo outras formas de adulteração do leite, de modo a mascarar sua acidez e são as seguintes:

• ADIÇÃO DE ÁGUA:

Para aumentar o rendimento do leite. O método de análise utilizado para detectar a fraude é por meio da crioscopia *versus* densidade.

Positivo para fraude: Valores inferiores ou superiores de 1,028 a 1034 g/mL de densidade e;

valores inferiores ou superiores a -0,512 °C a -0,531 °C para crioscopia;

• ADIÇÃO DE CONSERVANTES:

Utilizado para conservar o leite, matando os microrganismos.

Peróxido de hidrogênio: para detectar a fraude, mistura-se 10 mL (leite) com 6 gotas de solução de óxido de vanádio a 1% em solução de ácido sulfúrico a 6%. Agita-se. Resultado:

Positivo: formação de uma coloração rósea ou vermelha;

Formaldeído: para detectar as fraudes, adiciona-se 100 mL de leite, 100 a 150 mL de água e 2 mL de ácido fosfórico em ...

Cloretos: para detectar as fraudes, mistura-se 10 mL (leite) com 0,5 mL de solução de cromato de potássio a 5 % e 4,5 % de solução de nitrato de prata 0,1 N. agita-se.

Positivo: coloração amarelada.

• RECONSTITUINTES:

Utiliza-se para mascarar a fraude por molhagem.

Amido: aquece 10 mL de leite até ebulição por 5 minutos. Esfria-se e adiciona-se 2 gotas de Lugol.

Positivo: coloração azul.

Sacarose: em um tubo de ensaio acrescentar 15 mL (leite) e 1 mL de ácido clorídrico e 0,1 g de resorcina. Agitar e aquecer em banho-maria por 5 minutos.

Positivo: coloração avermelhada.

• ADIÇÃO DE ALCALINIZANTES:

Reduz a acidez do leite, mascarando sua qualidade.

Hidróxido de Sódio: adiciona-se 4 gotas de bromotimol em 5 mL de leite.

Positivo: coloração esverdeada.

Negativo: coloração amarelada.

Bicarbonato de Sódio: em 11 mL de leite adiciona-se 5 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína 1 %. Titula-se com hidróxido de Sódio 0,1 N até a coloração rósea persistente. Acrescenta-se 1 mL de ácido sulfúrico 0,025 N, aquecer até ebulição, esfriar e adicionar 2 mL de solução de fenolftaleína 1 %.

Positivo: coloração rósea.

X. O MEDIDOR DE PH

O medidor eletrônico de pH utiliza dois eletrodos quimicamente ativos e produz uma leitura proporcional ao desbalanço de do número de cátions H^+ (prótons) por unidade de volume com respeito ao número de ânions OH^- .

O esquema de utilização do medidor de pH consiste em colocar os dois eletrodos, bem limpos, dentro da solução a ser medida, conforme a figura 2 abaixo:

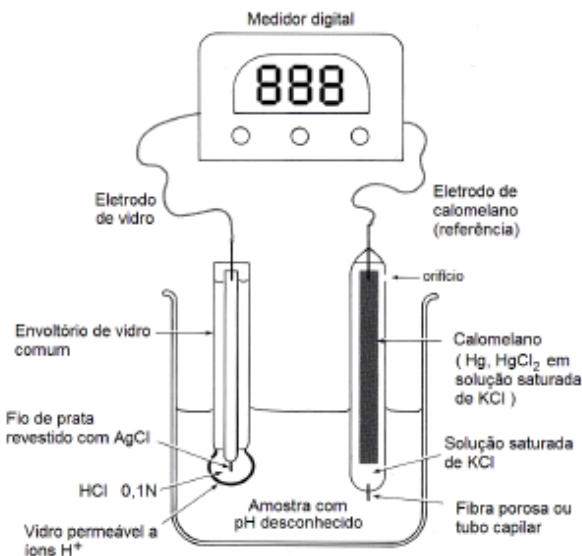


Figura 2: Estruturas do eletrodo de vidro e o de referência de um medidor de pH.

Quando o medidor não for usado por muito tempo, deve-se deixar os eletrodos imersos por alguns minutos em uma solução protetiva de cloreto de potássio (KCl) saturada para preservar a permeabilidade iônica seletiva dos eletrodos.

Os medidores de bolso de pH possuem um parafuso (ou "trimmer" de calibração para fazer com

que a escala indique o valor da solução tampão de calibração e pilhas ou baterias devem ser novas para evitar erros de leitura devido aos circuitos digitais internos do aparelho, mesmo que os eletrodos sejam bem conservados e limpos. Verifique no manual do seu instrumento, a localização do trimmer de calibração.

O medidor de pH deve ser calibrado inicialmente, antes de qualquer procedimento de medida.

Para a calibração emprega soluções tampão ácida (pH=4,01, solução a base de fosfato) e uma solução tampão de bórax, a qual é alcalina (pH=9,18). Uma outra solução quase neutra (pH=6,86) normalmente é empregada.

Soluções-tampão possuem a propriedade de auto-regular seu pH a uma dada temperatura. Assim, elas apresentarão um pH fixo e conhecido e são usadas para calibração do medidor eletrônico de pH.

A rotina de calibração de qualquer medidor de pH é feita com a execução dos seguintes passos:

1. Se o medidor for a pilha ou bateria, certifique-se que as mesmas estão em boas condições de carga. Aparelhos com alimentação via rede elétrica não possuem baterias internas;
2. Alguns medidores de pH possuem sensores de temperatura incorporados aos eletrodos de prova. Use uma manta de aquecimento em banho-maria para estabilizar a temperatura da amostra a 25°C, se quiser uma medida mais profissional e precisa;
3. Limpe hem os eletrodos com água deionizada e seque-os com uma flanela macia;
4. Coloque os eletrodos dentro da solução tampão com pH=6,86 na temperatura ambiente de 25°C e agite levemente os eletrodos. Espere cerca de 30 segundos para estabilizar;
5. Se a leitura não for 6,9 no mstrador digital, acione o botão ou parafuso ("trimmer") de calibração até o mostrador digital marcar esse valor, mantendo os eletrodos mergulhados nessa solução tampão, até o nível indicado pelo fabricante que deve estar marcado nos eletrodos;
6. Remova os eletrodos da solução tampão de pH=6,89, limpe-os e seque-o com uma flanela;

7. Use a solução tampão de pH=4,01 a 25°C para fazer uma nova leitura (biftalato de potássio). Se o medidor de pH indicar uma leitura diferente de 4,0, deve ser levado para revisão técnica ou os eletrodos devem ser trocados, se forem externos e a rotina deve ser repetida com os novos eletrodos;
8. Se o laboratório dispôr de uma terceira solução-tampão de bórax com pH=9,18 a 25°C, use-a para fazer uma terceira medida para ver se a leitura do mostrador fica em torno de 9,2;
9. Passando nas duas calibrações ácidas e alcalinas, o aparelho estará calibrado e pronto para ser usado para medida;
10. Guarde todas as soluções-tampão em lugar seguro para a próxima rotina de calibração, ventilado e sem luz solar direta.

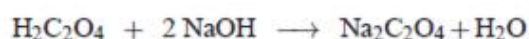
As Características das soluções tampão das medições de pH estão mostradas na tabela abaixo.

Tabela V: Propriedades físico-químicas de soluções-tampão a 6.86 a 25 °C

T (° C)	pH=4.00	pH=6.86	pH=9.18
10	4.00	6.92	9.33
15	4.00	6.90	9.28
20	4.00	6.88	9.23
25	4.00	6.86	9.18
30	4.01	6.85	9.14
35	4.02	6.84	9.10
40	4.03	6.84	9.07
45	4.04	6.83	9.04
50	4.06	6.83	9.02

A solução de Dornic deve ser calibrada periodicamente. Para isso, prepare uma solução-padrão de 0,1 N de ácido oxálico P.A. (H₂C₂O₄). Esse ácido na forma sólida é altamente higroscópica e é adquirida como oxalato di-hidratado (H₂C₂O₄ · 2H₂O) que deve ser seco em estufa a 105°C durante uma hora e resfriado à temperatura ambiente antes da pesagem.

A solução de ácido oxálico deve ser neutralizada com o NaOH usando a seguinte reação em fase aquosa:



Para preparar uma solução $N = 0,1$ N de ácido oxálico ($PM = 126,064$ g), dissolva pesar $m =$

6,3035 g de oxalato anidro em um litro ($V = 1$ L) com água destilada ou água deionizada fervida para retirar o CO₂ dissolvido nela, de acordo com a fórmula abaixo, para uma constante de solubilidade $S = 2,0$:

$$m = \frac{NPMV}{K} = \frac{0,1 \cdot 126,064 \cdot 1,0}{2,0} = 6,3035 \text{ g}$$

Assim, adicionamos 4 gotas de solução indicadora de fenolftaleína 1% em 10 mL de solução de ácido oxálico e deve ocorrer mudança de cor quando adicionamos exatamente 10 mL de uma solução de Dornic N/9 (0,11 N) em bom estado, com uma bureta ou pipeta.

Uma solução de 0,1 N de biftalato de potássio (C₈H₅KO₄) pode ser usada ao invés da solução de ácido oxálico. Pesar exatamente 20,43 g de biftalato de potássio anidro (KHP) e dissolva o mesmo em água deionizada aquecida a (60°C) e previamente fervida para eliminação de CO₂. Complete um volume de 1000 mL com água destilada fervida a temperatura ambiente.

Ambas as substâncias biftalato de potássio e ácido oxálico tem metade do poder de dissolução em solução aquosa, em comparação com o NaOH.

Experimento15- Estudo da relação da escala Dornic e pH.

A escala de Dornic é construída de forma que cada 0,1 mL de solução de hidróxido de sódio (N/9 ou 0,1 N) seja equivalente a 1°D.

No aparelho de Dornic, o conta-gotas possui precisão mecânica de forma que há trinta gotas em 1 ml de solução, com cada três gotas correspondendo a 1°D, pois têm o mesmo volume. Um conta-gotas comum, de baixo custo, não possui essa precisão e não pode ser usado para as medidas de acidez titulável.

Na escala Dornic, a medida da acidez é por titulação, ou seja, quando ocorre a neutralização da densidade de prótons livres NH⁺ pelos íons OH⁻ da solução.

Como a densidade volumétrica de íons OH⁻ e H⁺, ou melhor, o número de íons livres por unidade de volume é constante em meio aquoso, a medida em graus Dornic é uma *medida linear* de acidez.

Entretanto, a medida de pH para acidez é o logaritmo decimal da densidade de número de cátions H^+ em excesso aos ânions OH^- . Vimos que para a água pura não ocorre desbalanço e o pH é sempre 7,0 para a neutralidade.

Se conhecermos a concentração de prótons, $[H^+]$, o pH é calculado simplesmente tomando-se o logaritmo decimal dessa quantidade:

$$pH = -\log[H^+]$$

Note um detalhe importante: enquanto a medida Domic é linear com a concentração de prótons, a escala pH é logarítmica e, portanto, não é linear.

Uma escala linear de uma variável de medida X colocada em função de outra escala linear Y , forneceria uma relação gráfica entre essas variáveis na forma de uma linha reta.

Escalas de variáveis X lineares e Y não-lineares que medem a mesma quantidade de um fenômeno físico não podem ser aproximadas por um segmento de reta quando se faz o gráfico de uma versus a outra.

Usando medidas precisas de pH e escala Domic para soluções bem-preparadas, temos os seguintes pontos experimentais, na tabela VI:

Tabela VI: Algumas medidas de pH e Domic para amostras de leite com diferentes níveis de acidez em temperaturas entre 22-26°C.

pH	4.6	4.9	5.2	5.4	5.46	5.6	5.8
D	73.0	55.0	45.0	37.0	36.0	33.0	28.0
pH	6.0	6.12	6.2	6.3	6.45	6.75	
D	25.0	22.4	21.0	20.25	18.0	15.0	

Vamos colocar esses pontos da tabela IV em um gráfico. Embora meçam a mesma quantidade físico-química, a presença de uma curva indica que não podemos estabelecer uma relação linear entre elas (ver a figura 3).

E justamente por não haver uma relação linear entre elas, é incorreto fazer regra de três ou qualquer outra forma de proporção numérica entre essas variáveis.

Essa relação entre pH e °D é tipo lei de potência, ou na forma:

$$pH = \beta D^\alpha$$

Note que α é o expoente da leitura em graus Domic D e que define sua relação com pH . Se

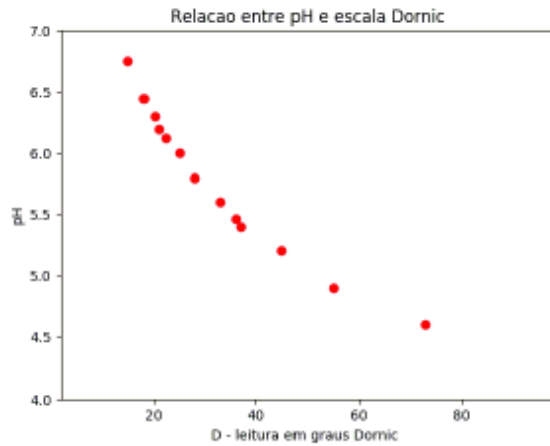


Figura 3: Relação entre escala Domic e pH.

tomamos os logaritmos decimais em ambos os lados dessa equação, temos que:

$$\log(pH) = \log(\beta) + \alpha \log(D)$$

Se fizermos $A = \log(\beta)$ uma constante, com as variáveis logarítmicas $X = \log(D)$ e $Y = \log(pH)$, teremos uma relação do tipo $Y(X) = A + \alpha X$ que é uma equação de linha reta, o que indica uma *relação linear*.

Assim, refazendo o gráfico com $\log(pH)$ versus $\log(D)$, temos que ele dispõe os pontos em uma forma linearizada (figura 4):

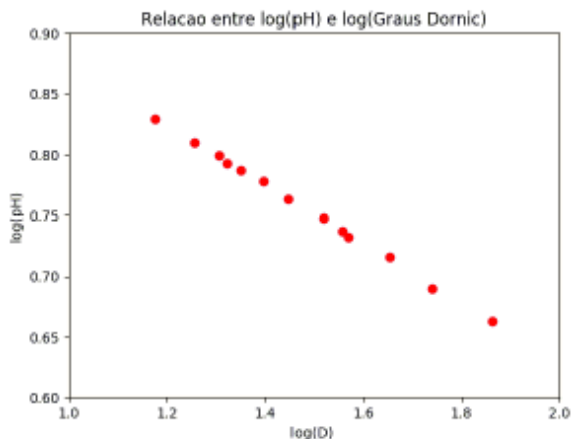


Figura 4: Relação entre escalas $\log(pH)$ e $\log(D)$ mostrando o surgimento de uma relação linear.

Agora vamos pensar um pouco para buscar as respostas para as seguintes questões:

Questão 15.1- Analise o gráfico de $\log(\text{pH})$ versus $\log(\text{D})$ e obtenha a equação da reta a partir da análise de um segmento de reta que passe pelos pontos da figura .

Nessa seção, você aprendeu que não pode usar regra de três simples para obter escala de Dornic a partir do PH e vice-versa.

Questão 15.2- Poderia usar a regra de três para fazer a relação entre $\log(\text{pH})$ e $\log(\text{D})$? Justifique a sua resposta.

Questão 15.3- Escreva uma fórmula para, a partir da leitura em graus Dornic em um acidímetro comercial com escala de 100°D , obter o pH da amostra de leite analisada.

Na prática, o ácido láctico presente no leite acidificado é um ácido de Arrhenius mais fraco que o HCl, que se neutraliza com NaOH com a produção de água e cloreto de sódio, segundo a fórmula química de neutralização:



O fator de correção da escala Dornic que mede a concentração de prótons é 0,9 porque o ácido láctico é um ácido orgânico não é tão forte quanto um ácido inorgânico, que tende a prender prótons muito mais facilmente quando dissolvido em solução aquosa, ou se neutraliza como qualquer ácido inorgânico pela presença dos íons de hidróxido de sódio.

Esse fator de correção deve ser empregado porque o princípio do protocolo de Dornic se baseia e uma reação de neutralização na forma de titulação de um ácido fraco (ácido láctico) por uma base forte de Arrhenius (no caso, o NaOH).

A escala Dornic (em mL de solução NaOH 0,11 N) permite obter a quantidade em gramas de ácido láctico por litro de leite, sabendo-se que 1°D equivale a 100 mg de ácido láctico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) por litro. Outra forma dessa equivalência é que cada grau Dornic equivale a 0,01% de concentração de ácido láctico em volume.

Formas naturais de obtenção de ácido láctico são a partir do açúcar do leite (lactose) pela ação do *Bacillus lactis acidí* e outras bactérias, e a partir

do do amido, açúcar da uva (glicose) ou açúcar da cana (sacarose) utilizando, principalmente, o *Bacillus Delbrücki*, ou por processos inflamatórios ou infecciosos em vacas.

Outra medida de acidez de leite encontrada na literatura estrangeira é a *escala de Soxhlet-Henkel*, que é definida pela titulação em mL de uma solução de 0,25 N de NaOH para amostras fixas de 100 mL de leite.

As relações entre as escalas $^{\circ}\text{SH} = 0,44 ^{\circ}\text{D}$ e $^{\circ}\text{D} = 2,273 ^{\circ}\text{SH}$ se aplicam.

Questão 15.4- Reescreva sua fórmula obtida na questão 15.3 anterior para obter a concentração de ácido láctico presente na amostra de leite a partir do seu pH.

Na figura 5 temos a escala de plotagem em formato log-log (dilog) aonde os números são colocados nas coordenadas mas a escala e divisão das linhas é tal que o efeito é linearizar um gráfico tipo lei de potência $Y(x) = \beta x^{\alpha}$ sem a necessidade de calcular os logaritmos de x e y antes de visualizar esses dados em uma escala linear milimetrada comum.

Pegue os pontos da tabela VI e disponha os mesmos na figura 5 para verificar como essa escala logarítmica permite a visualização de uma linha reta sobre os pontos, dessa forma permitindo diagnóstica a relação tipo lei de potência para os pontos coletados experimentalmente. Multiplique os valores por dez antes de plotá-los para aproveitar a área da figura.

XI. BEBIDAS LÁCTEAS FERMENTADAS

Na fabricação do iogurte natural não é adicionado açúcar para produzir a acidez pela fermentação bacteriana e somente teremos leite mais microorganismos vivos. No iogurte tradicional, entretanto, se adiciona açúcar. Assim como a coalhada, kumys (leite de égua), leite cultivado e o quefir (kefir), é um dos alimentos fermentados à base de leite na forma líquida, onde a acidez é aumentada pela produção de ácido láctico pelas colônias bacterianas. Seu espessamento para venda comercial é obtido pelo uso de amido ou espessantes industriais.

Leites Fermentados, cuja fermentação se realiza com um ou vários dos seguintes cultivos: *Lacto-*

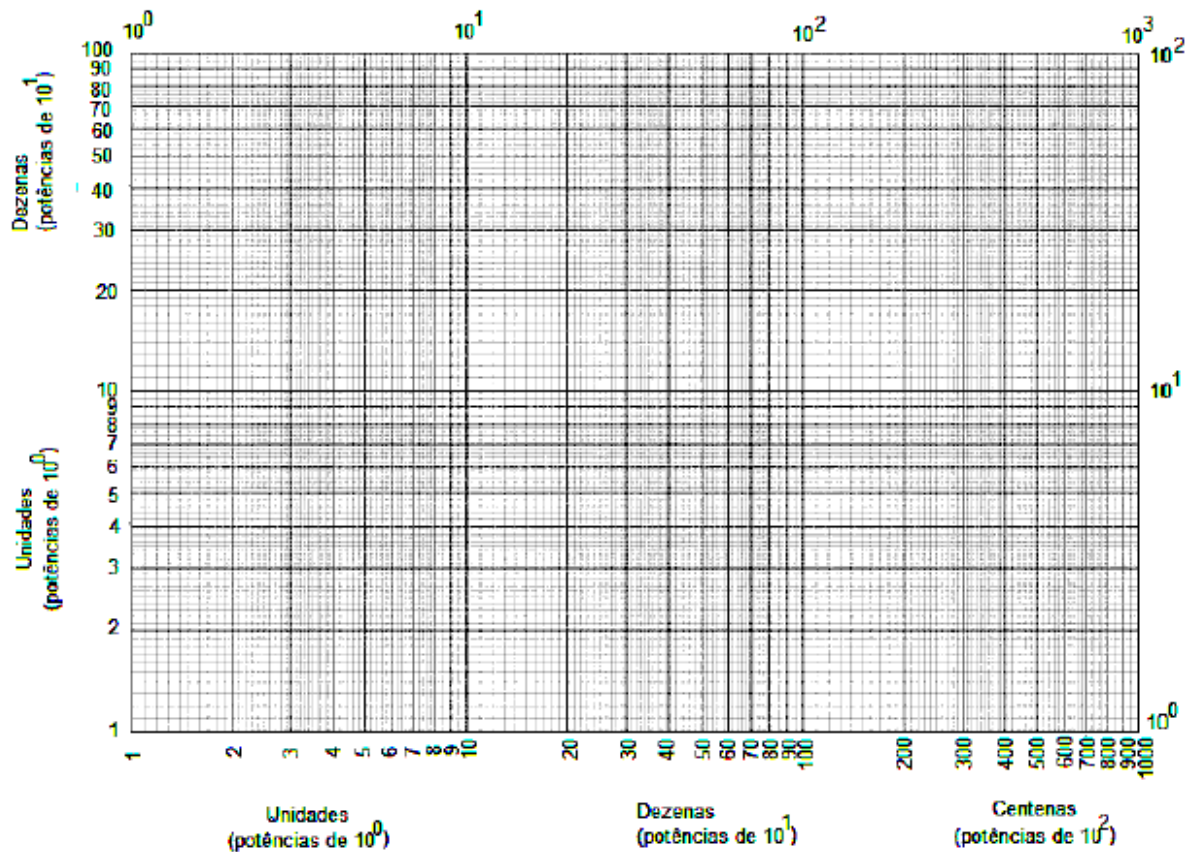


Figura 5: Descrição de um papel para traçado de gráficos tipo di-log.

bacillus acidophilus, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium sp.*, *Streptococcus salivarius subsp thermophilus* ou outras bactérias ácido-láticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do sabor do produto final.

Referências adicionais:

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2ª edição revista. Campinas, SP: Editora da Unicamp. 2009.
 CARNEIRO, C. S. et al. **Leites fermentados: histórico, composição, características físico-químicas, tecnologia de processamento e defeitos**. PUBVET. V. 6, N. 27, Ed. 214, Art. 1424. 2012.
 CASTILLO, C.J.C., **Qualidade da Carne**. São Paulo: Varela. 2006.

FREIFELDER, D., **Physical Biochemistry: applications to biochemistry and molecular biology**, San Francisco: Freeman. 1976.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v.1: *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985, p.203-204

RAMOS E.M., GOMIDE, L.A.M., **Avaliação da Qualidade de Carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV. 2009.

RODRIGUES, R.; FONSECA, L.M.; SOUZA, M.R. **Acidez do leite**. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia da UFMG, n.13, p.63-72, 1995.

SILVA, P. H. F. **Leite: aspectos de composição e propriedades**. In: *Química Nova na Escola*, 1997, p. 03-05.

Universidade Federal de Santa Maria
 Centro de Ciências Naturais e Exatas
 Departamento de Física
 Programa FIEX/PROLICEN 2017
 Registro GAP/CCNE N° 039511 e 042759

CADERNO DIDÁTICO FÍSICA NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

UNIDADE 5 ELETROMAGNETISMO

I. INTRODUÇÃO

Em anos anteriores a 1975, as medidas de qualidade de alimentos produzidos pela indústria agrônômica e veterinária eram basicamente realizadas utilizando instrumentos que funcionavam empregando conceitos e leis físicas sobre mecânica de sólidos e fluidos (MOHSENIN, 1970).

Posteriormente a essa data, percebemos o avanço nos processos de medidas que empregam ondas eletromagnéticas tendo em vista os avanços na detecção de sensores e técnicas especialmente desenvolvidas para a produção de alimentos e a grande disponibilidade de máquinas e equipamentos digitais para a realização dos ensaios de controle de qualidade de alimentos, em todas as fases da produção.

Podemos dizer que, atualmente, praticamente todas as informações que necessitamos obter para compreender os processos físicos, químicos e biológicos necessários para produção de alimentos para o homem envolvem análise de radiações eletromagnéticas.

O presente estudo visa explorar esses conceitos, tendo em vista a prática diária do produtor de alimentos, seja rural ou na indústria.

II. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Óptica geométrica é a parte da física que estuda os fenômenos de propagação da luz, a partir

das leis de movimento ondulatório das ondas eletromagnéticas que compõem os raios luminosos e será por ela que iniciaremos nossos estudos, em meios como o ar aonde a luz se propaga em linha reta.

III. REFRAÇÃO

Pelo termo *refração*, entende-se a propriedade das ondas eletromagnéticas de mudar a direção quando muda de meio de propagação, sendo que nesses meios, a velocidade da onda sofre alteração.

Se tivermos um meio onde a permissividade dielétrica ϵ for igual a uma constante adimensional chamada *permeabilidade relativa* ϵ_r vezes a permeabilidade dielétrica do vácuo ϵ_0 , a velocidade da luz no meio v_c será menor que a velocidade da luz no vácuo $c = 3 \times 10^8$ m/s, com seu cálculo dado por:

$$v_c = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r\mu_r\epsilon_0\mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_r\epsilon_r}} \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}$$

$$v_c = \frac{c}{\sqrt{\mu_r\epsilon_r}} \quad (1)$$

A velocidade da onda luminosa no vácuo é $c = 3 \times 10^8$ m/s mas em um meio opticamente transparente ela é reduzida pela ação das propriedades dielétricas desse meio. Dentro de um meio hialino com μ_r e ϵ_r , a velocidade da onda eletromagnética será v_c dada pela seguinte expressão:

$$v_c = \frac{c}{n} \quad n = \sqrt{\mu_r\epsilon_r} \quad (2)$$

Aqui define-se o índice de refração n de um meio como sendo a raiz quadrada do produto das permeabilidades magnéticas e permissividades dielétricas relativas do meio, com respeito aos valores do vácuo de μ_0 e ϵ_0 .

A tabela I mostra alguns valores de índices de refração para materiais conhecidos, obtidos em um comprimento de onda padrão de 590 nm (raio de luz amarelo), citado apenas como valores para referência.

Como o valor de c é o valor máximo de velocidade que a luz pode apresentar, o índice de refração será uma grandeza adimensional sempre maior que uma unidade.

Tabela I: Tabela de índices de refração de alguns materiais comuns, medidos com um raio de luz de 590 nm de comprimento de onda.

Substância	Índice de refração
Vácuo	1.0000
Ar atmosférico	1.0003
Gelo	1.309
Água	1.33
Alcool etílico	1.36
Vidro de quartzo	1.46
Vidro tipo "crown"	1.52
Sal de NaCl	1.54
Zircônio	1.92
Diamante	2.42

As leis da refração da óptica geométrica compreendem três enunciados:

1. O raio incidente à direção normal a superfície de separação entre dois meios com valores distintos de índice de refração, os raios incidentes e refratados estão em um mesmo plano.
2. A relação entre as velocidades da luz em todos os meios é igual àquela que existe entre os senos dos ângulos de incidência e de refração. Se a luz incide sobre uma interface de meios com índices de refração diferentes, partindo do meio com índice de refração n_1 com ângulo de incidência θ_1 para um meio de índice de refração n_2 com ângulo do raio refratado θ_2 é dada pela expressão matemática da *lei de Snell*, que será demonstrada em um momento posterior:

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

Por um *prisma óptico*, cuja seção transversal do material transparente é vista na figura 1, se entende um dispositivo constituído de um índice de refração n de modo que dois dióptrios planos que forma um ângulo de vértice A (ou ângulo diédrico ou ângulo refringente) e que limitam meios de distintos índices de refração.

Um raio de luz monocromática é, como o próprio nome já diz, um raio luminoso constituído idealmente por uma onda eletromagnética de uma única frequência f .

Um raio de luz monocromático que incide sobre a face AB da figura anterior se comportará de acordo com as leis de refração por $\text{sen } \theta_i =$

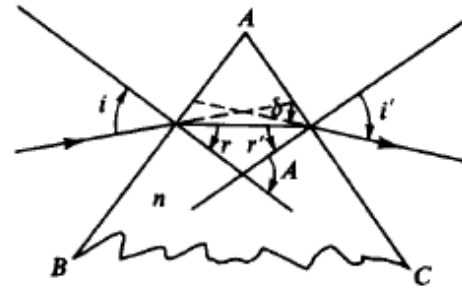


Figura 1: Geometria do raio incidente e do feixe de luz emergente por um prisma ideal.

$n \text{ sen } \theta_r$, quando incide da face da esquerda para o centro do prisma. O índice de refração do ar vale uma unidade.

Na saída pela outra interface dióptrica, na direção vidro-ar, vale novamente a lei de Snell $\text{sen } \theta_r' = \text{sen } i' / n$.

O desvio total δ que o raio sofre após passar pelo prisma é dado por:

$$\begin{aligned} \delta &= (\theta_i - \theta_r) + (\theta_i' - \theta_r') \\ &= \theta_i - \theta_i' - A = \theta_i - \theta_i' - (\theta_r - \theta_r') \\ \delta &= n(\theta_r + \theta_r' - (\theta_r + \theta_r')) \\ \delta &= (n - 1)A \end{aligned} \quad (4)$$

Logo, $\delta = (n - 1)A$ é o desvio que o raio sofre quando sai do prisma, em comparação ao ângulo de incidência e o ângulo refringente A do vértice.

Em um prisma, ocorre um desvio mínimo. Quando o deslocamento do raio através do prisma é simétrico com respeito a ele, ou em outras palavras, quando $\theta_r' = \theta_r$ e $\theta_i' = \theta_i$, o desvio δ toma o valor mínimo δ_0 :

$$\delta_0 = 2\theta_i - A \quad \theta_i = \frac{\delta_0 + A}{2} \quad (5)$$

Mas devemos lembrar que na interface ar-vidro, onde n é o índice de refração do vidro, temos que: $\text{sen } \theta_i = n \text{ sen } \theta_r = n \text{ sen}(A/2)$. Logo:

$$\text{sen} \left(\frac{\delta_0 + A}{2} \right) = n \text{ sen} \left(\frac{A}{2} \right) \quad (6)$$

IV. REFLEXÃO

Pelo termo *Dióptrio plano* entende-se toda a superfície transparente e plana que separam meios de índices de refração distintos.

Pela construção *lâminas de faces paralelas*, entendemos um sistema idealizado que é formado por dióptrios planos (figura 2) de modos que o deslocamento longitudinal aparente D_L de um objeto observado através das suas faces, com um índice de refração n e uma espessura E é dada por:

$$D_L = E \left(1 - \frac{1}{n} \right) \quad (7)$$

Assim como para a refração, existem as leis de reflexão:

1. O raio incidente, o raio refratado e o raio refletido são sempre coplanares e contém a normal da superfície entre meios de diferentes índices de refração. Isso significa dizer que o plano que contém os raios é sempre perpendicular ao plano que contém as interfaces ópticas de índices de refração diferentes.
2. O ângulo de incidência de um raio luminoso é sempre igual ao raio de reflexão.

A figura 2 mostra o comportamento de um raio de luz quando passa por uma camada ("slab") de material com índice de refração diferente do meio.

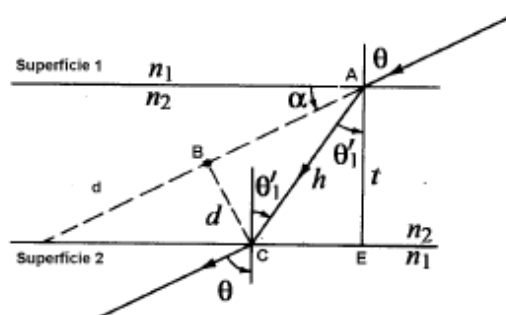


Figura 2: Geometria de refração pela junção de dois materiais hialinos com diferentes índices de refração.

Podemos demonstrar que se um raio de luz atravessa camadas paralelas de um meio com índice de refração n , o raio que sai do meio é paralelo ao raio que incide sobre essa camada, mas que o ponto onde o feixe emerge da camada com índice de refração n_2 é deslocado do ponto de incidência

do feixe. A refração na junção dos meios (interface) com índices de refração n_1 e n_2 é dado por $n_1 \text{sen } \theta_1 = n_2 \text{sen } \theta_2$. Quando o raio emerge na segunda superfície que separa os índices de refração n_2 e n_1 , temos que $n_1 \text{sen } \theta_1' = n_2 \text{sen } \theta_2'$.

Como os ângulos internos são iguais pela geometria do paralelismo, temos que $\theta_1' = \theta_1$, pelo fato de que podemos escrever $n \text{sen } \theta = n \text{sen } \theta'$, de modo que $\text{sen } \theta = \text{sen } \theta'$. Logo, os ângulos de incidência e de emergência do feixe antes e depois de percorrer a camada de material dielétrico são iguais.

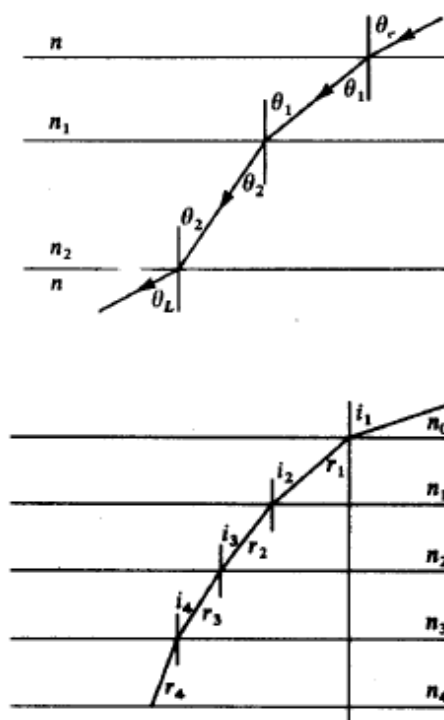


Figura 3: Efeitos de refração por múltiplas camadas paralelas de meios com índice de refração diferentes.

Ainda observando a figura 2, temos que no triângulo AEC da figura, $\cos \theta_1 = t/h = AC$. Resolvendo para o deslocamento h , temos que $h = t/\cos \theta_1$. Como $\alpha + \theta_1 = \theta$ e $\alpha = \theta - \theta_1$. No triângulo ABC temos que $\text{sen } \alpha = d/h$ de onde $d = h \text{sen } \alpha$, o qual é um deslocamento relativo entre os pontos de incidência e de emergência do feixe diferente de zero.

A aplicação sucessiva da lei de Snell para uma superposição de várias camadas de material com diferentes índices de refração (figura 3) também mostra que o ângulo de emergência é sempre igual ao ângulo de incidência, de modo que os raios de

luz incidente e emergente são sempre paralelos, mas são sempre deslocados horizontalmente com respeito aos pontos de incidência.

A geometria dos raios luminosos esquematizados na figura 3 mostra que, como todas as normais às interfaces são todas paralelas, o raio que entra e que emerge na junção das camadas são paralelos entre si e o efeito é deslocar o feixe linearmente com respeito ao ponto de incidência.

V. DEMONSTRAÇÃO DA LEI DE SNELL

Para provar a lei de Snell, podemos analisar a geometria dos raios de luz que é mostrada na figura 4. A trajetória que segue um raio luminoso que parte do ponto A para o ponto B, sofrendo uma refração no ponto O, conforme mostra a figura

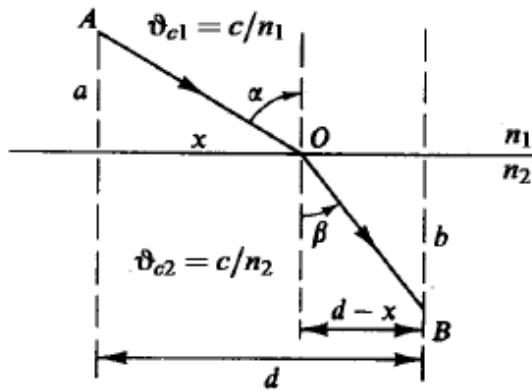


Figura 4: Elementos geométricos para demonstração da lei de Snell.

A velocidade do raio no meio de índice de refração n_1 é $v_{c1} = c/n_1$. Analogamente, a velocidade do raio luminoso no meio de índice de refração n_2 é $v_{c2} = c/n_2$. O tempo t_1 que demora para o raio percorrer o caminho incidente e refratado para sair do ponto A até chegar ao ponto B é o tempo que o raio luminoso de velocidade v_{c1} leva para sair do ponto A para o ponto O na interface dos dois meios de índice de refração diferentes. O tempo t_2 que leva para o raio de luz partir do ponto de interface O até o ponto B é essa distância retilínea OB dividida pela velocidade da luz no material de índice de refração n_2 que vale $v_{c2} = c/n_2$. Reunindo essas informações, podemos escrever o tempo total de percurso como sendo $t = t_1 + t_2$:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{OA}{v_{c1}} + \frac{OB}{v_{c2}}$$

$$t = t_1 + t_2 = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c/n_1} + \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{c/n_2} \quad (8)$$

Para determinar os valores de mínimo dessa função, se faz $dt/dx = 0$ pois o tempo de percurso entre os pontos A e B deve ser um mínimo. Logo,

$$\frac{n_1 x}{\sqrt{x^2 + a^2}} \left(\frac{n_2 (d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \right) = 0 \quad (9)$$

Pela figura 4, podemos calcular os senos dos ângulos de incidência α e o ângulo β que o feixe refratado faz com a normal ao plano da interface entre os meios de índices de refração n_1 e n_2 . Assim, pela geometria dessa figura, $\text{sen } \alpha$ e $\text{sen } \beta$:

$$\text{sen } \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} \quad \text{sen } \beta = \frac{d-x}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \quad (10)$$

Substituindo essas expressões na equação da derivada da função igual a zero, temos a prova matemática da lei de Snell:

$$n_1 \text{sen } \alpha = n_2 \text{sen } \beta$$

conforme queríamos demonstrar.

VI. LENTES IDEAIS

Em análise laboratorial de alimentos, o uso de lentes é comum para construção de microscópios e espectrômetros ópticos.

Portanto há necessidade de estudarmos os conceitos de refração aplicados às lentes ópticas.

Uma *lente esférica* é um meio transparente limitado por duas superfícies esféricas. A linha reta que une os centros de curvaturas de ambas as faces é chamada *eixo óptico* da lente.

As características de uma lente são determinadas pelo valor e sinais dos raios de curvatura R_1 e R_2 , pela distância que separa suas faces e pelo índice de refração do material que é usado na sua confecção. De acordo com os tipos de raios de curvatura, temos seis tipos básicos de lentes, conforme mostra a figura 5.

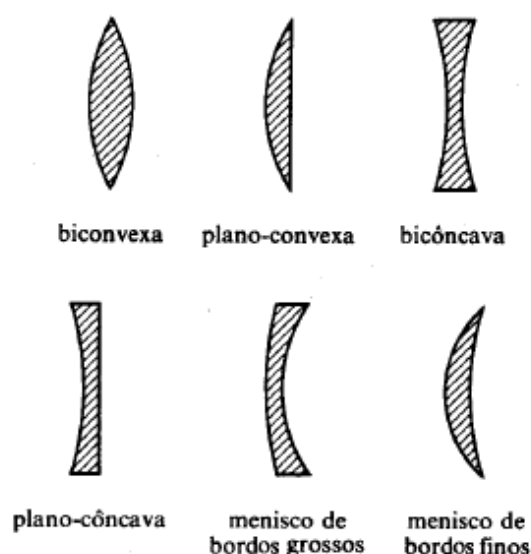


Figura 5: Definições dos perfis para a nomenclatura dos principais tipos de lentes usados em instrumentação biofísica.

Lentes delgadas são caracterizadas por uma *distância focal* f que é definida em sua fabricação.

Para lentes delgadas, temos que, se um objeto de altura Y_o for colocado a uma distância S_o da lente, ao longo do eixo óptico, haverá uma imagem de altura Y_i situada a uma distância S_i da lente. A figura 5 mostra os principais tipos de lentes usadas em associações para processamento de feixes luminosos.

Considerando a distância focal da lente f , temos a relação entre S_o , S_i e f dadas pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{S_o} - \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f} \quad (11)$$

O aumento de uma lente pode ser linear ou angular. O *aumento linear* relaciona o tamanho da imagem e do objeto.

$$m = \frac{Y_i}{Y_o} = \frac{S_i}{S_o} \quad (12)$$

O aumento linear pode ser negativo (-) quando a imagem é invertida com respeito a orientação do objeto e positivo (+), quando não é invertida. Quando o módulo do aumento linear for maior que uma unidade ($m > 1$), temos uma imagem maior que o objeto. Quando $m = 1$, os tamanhos dos objetos e das suas imagens são iguais e quando $m < 1$ temos uma imagem menor que o objeto.

O *aumento angular* γ é a relação entre os tamanhos angulares da imagem α_i produzida por um objeto com tamanho angular α_o . usa-se esse conceito quando as distâncias entre objetos observados por uma lente estão localizados a distâncias muito grandes da lente, como na observação astronômica de planetas, por exemplo.

Assim, o aumento angular é dada por:

$$\gamma = \frac{\alpha_i}{\alpha_o} \quad (13)$$

Para construir lentes, temos a *fórmula de construção das lentes* onde a distância focal é relacionada com os raios de curvaturas R_1 e R_2 de cada uma das faces da lente e com o índice de refração n do material que compõe a lente.

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (14)$$

A potência de uma lente P_L é o número inverso da sua distância focal $P_L = 1/f$. No sistema internacional de unidades, a potência da lente é dada em dioptrias se a distância focal for conhecida em metros.

Para analisar as propriedades das imagens formadas por lentes, usamos o *método de traçados de raios notáveis*, também conhecidos na literatura como *raios particulares*.

Para uma lente convergente ou positiva, usamos três raios principais:

1. O *raio paralelo ao eixo* da lente se refrata sempre pelo segundo ponto focal da lente.
2. O *raio central*, traçado pelo vértice da lente não sofre desvio, uma vez que em uma lente convergente fina, as faces são aproximadamente paralelas e o raio emergente apresentará a mesma direção que o raio incidente.
3. O *raio focal* traçado pelo primeiro ponto focal, que emerge paralelamente ao eixo.

Para uma lente divergente ou negativa, somente a primeira lei é diferente e o comportamento dos raios centrais e focais são os mesmos. Nesse caso, o *raio paralelo ao eixo*, é traçado paralelamente ao eixo, esse raio diverge da lente como se fosse proveniente do seu segundo ponto focal.

A figura 6 mostra as imagens (I) obtidas em função do posicionamento de objetos (O) em diferentes posições a partir dos centros de curvaturas

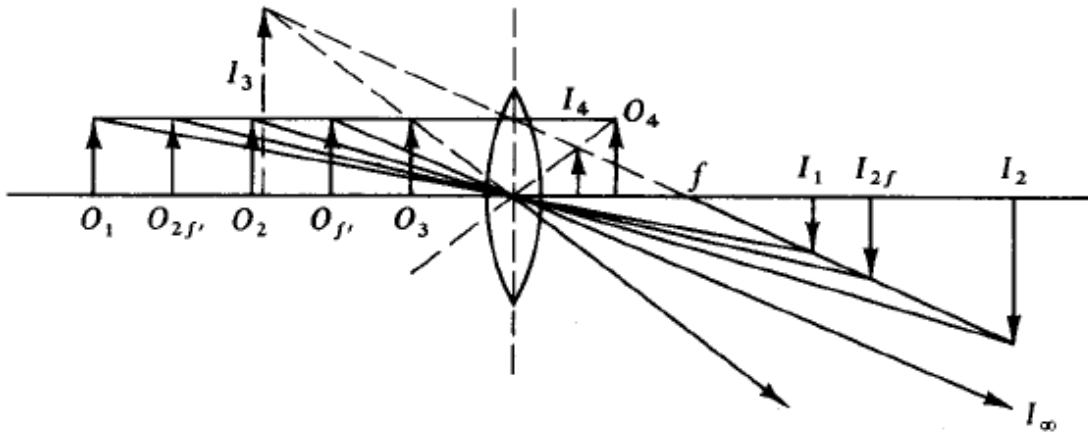


Figura 6: Análise qualitativa do funcionamento de uma lente biconvexa.

de uma lente delgada biconvexa (positiva, convergente) usando o método dos raios notáveis descrito anteriormente. Note que, como os raios notáveis que partem do topo da imagem sempre passam pelo centro de curvatura e pelo foco, um objeto colocado no foco (O_f) jamais se formará.

VII. EFEITOS DE ÍNDICE DE REFRAÇÃO VARIÁVEIS

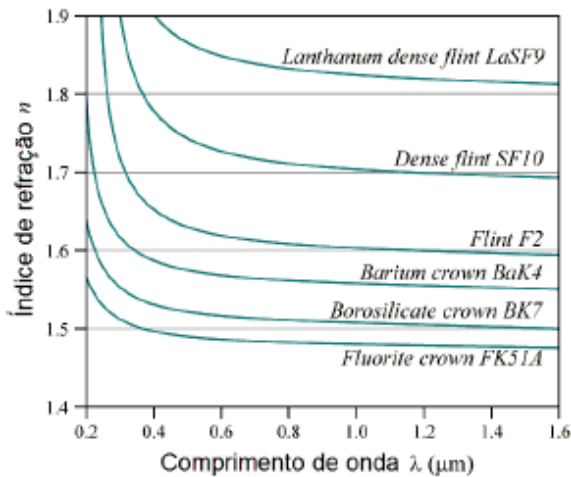


Figura 7: Gráfico ilustrando a variação de índices de refração $n(\lambda)$ na porção visual do espectro eletromagnético, a qual se situa entre 0,38 e 0,76 μm , para vários tipos de vidros industriais.

Até agora, usamos a hipótese que o índice de refração dos materiais transparentes era uma cons-

tante específica para o material, mas isso é uma atitude que não recebe embasamento experimental.

Na prática, observa-se que o índice de refração varia bastante em função do comprimento de onda para diversos materiais transparentes como o vidro ou o quartzo, conforme mostra a figura 7 abaixo.

De uma maneira geral, as curvas da figura sugerem que dentro da porção visual do espectro eletromagnético (entre 380 nm e 760 nm), n varia diretamente proporcional ao inverso do quadrado do comprimento de onda, seguindo a *relação de Cauchy*, obtida em 1836:

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

Nessa expressão, A e B são constantes características do material onde onda se propaga, sendo que λ é dado usualmente em nanômetros (nm). Faz sentido, então, pensar que raios de luz de cor vermelha serão menos desviados da sua direção inicial de propagação que, por exemplo, raios de cor violeta que são constituídos de fótons mais energéticos que a luz vermelha.

A tabela II mostra os coeficientes de Cauchy para materiais ópticos normalmente usados em laboratório.

Uma relação mais complexa e precisa que a relação de Cauchy é a equação de Sellmeier que permite uma melhor modelagem do índice de refração em comprimentos de onda ultravioleta que a primeira fórmula

Tabela II: Tabela de coeficientes de Cauchy para os índices de refração na banda visual do espectro eletromagnético, mostrados na figura 7 (adaptado de JENKINS E WHITE(1981)).

Material	A	B (μm^2)
Fused silica	1,4580	0,00354
Borosilicate glass BK7	1,5046	0,00420
Hard crown glass K5	1,5220	0,00459
Barium crown glass BaK4	1,5690	0,00531
Barium flint glass BaF10	1,6700	0,00743
Dense flint glass SF10	1,7280	0,01342

Sobre a construção de lentes e instrumentos para medida óptica, temos dois efeitos que surgem mesmo para lentes delgadas:

1. *Aberração cromática*: Como a luz visível é policromática e o material que a lente é produzida possui um índice de refração que varia com o comprimento de onda, cores de maior frequência como o violeta e o azul formarão imagens em planos distintos das cores de menor frequência, como o vermelho e o laranja de forma que o contorno da imagem formada será constituído de contornos coloridos;
2. *Aberração geométrica*: Pelo fato de lentes serem esféricas na maioria das suas aplicações práticas, a luz proveniente de diferentes partes do objeto não necessariamente formam imagens no mesmo ponto, provocando distorções nas bordas com relação ao centro, se o objeto for extenso.

A figura 8 ilustra os efeitos de frentes de ondas luminosas constituídas de incontáveis frequências que são captados por uma lente, durante a composição de espectros e imagens, por exemplo.

Meios com índices de refração $n(\lambda)$ dependentes do comprimento de onda λ da luz que por eles passam provocam percursos diferentes para a luz para componentes espectrais de frequências diferentes.

Isso implica que as situações das figuras 1, 2, 3, 5 e 6 terão os percursos dos raios notáveis dependentes da frequência da luz que atravessa tais meios.

VIII. ESPELHOS

Um espelho plano produz uma imagem simétrica com respeito ao objeto, sendo virtual e do mesmo tamanho do objeto.

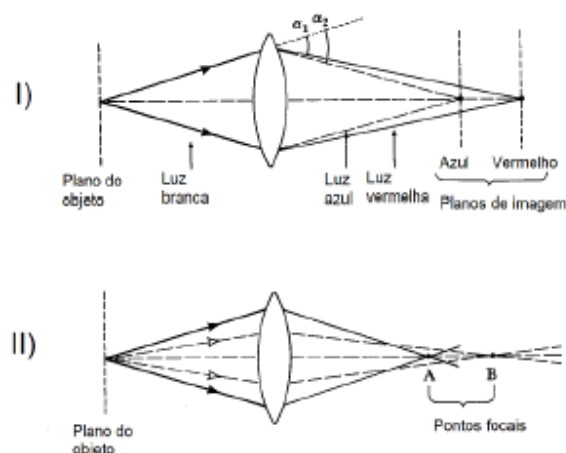


Figura 8: Ilustração dos efeitos de aberração cromática (I) e aberração geométrica (II) para lentes reais.

Um espelho esférico pode ser *côncavo* ou *convexo*, dependendo de que lado do material a superfície foi espelhada para receber os raios luminosos. Nos espelhos côncavos, a imagem é real, invertida se o objeto se encontra entre o infinito e o foco principal, sendo virtual, direita e maior que o objeto quando ele se encontra entre o espelho e o foco principal.

Ao contrário dos espelhos côncavos, todos os espelhos convexos produzem imagens virtuais, direitas e menores que o objeto.

Se a imagem tiver um tamanho S_i e o objeto tiver um tamanho S_o , define-se a ampliação ou *magnificação linear* pela seguinte expressão, considerando que a imagem está a uma distância Y_i do espelho e o objeto está a uma distância Y_o dele:

$$\frac{S_i}{S_o} = -\frac{Y_i}{Y_o} \quad (15)$$

A fórmula dos espelhos, caracterizados por um raio de curvatura R , é dada por:

$$\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_o} = \frac{2}{R} \quad (16)$$

IX. ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO

Pelo efeito de absorção, entende-se que a amostra da substância a ser analisada está a uma temperatura ambiente e um feixe de luz com uma distribuição contínua de intensidade luminosa em função do comprimento de onda passa por ela. Essa luz é produzida por uma lâmpada espectral com distribuição de energia conhecida.

As ligações interatômicas absorvem comprimentos de onda específicos, causando absorção que pode ser vista após a luz passar por um prisma ou outro elemento dispersor.

A identificação dessas linhas de absorção permite identificar elementos químicos na amostra, através da análise da decomposição espectral da luz.

Subtraindo-se o espectro da luz não-decomposta daquele espectro da luz decomposta, temos o espectro de absorção com as linhas características da amostra.

O espectro de absorção é uma técnica clássica da análise química instrumental, com fins farmacológicos e se baseia na *lei de Lambert-Beer* que prevê que a quantidade de absorção da luz é diretamente proporcional à concentração, na amostra, da substância que se pretende analisar.

a técnica de espectrofotometria em bandas visuais ou no ultravioleta, ou uma amostra consumida por uma chama (espectroscopia de absorção atômica) consiste em exemplos tradicionais de aplicação do fenômeno de absorção de radiação ultravioleta ou infravermelha por uma amostra aquecida em uma chama, para análises em indústria de alimentos.

X. ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO

Por emissão de uma substância, entende-se que a aquecemos até ocorrer a destruição molecular ou quando incidimos radiação ultravioleta na faixa UV-C e provocamos a fluorescência da amostra.

De qualquer modo, o espectro de emissão se deve a transições atômicas na amostra que produzem a emissão de fótons, cujo comprimento de onda específico se deve às características energéticas das ligações atômicas.

Na espectroscopia de emissão, temos que a luz é produzida pela amostra durante esse processo de excitação térmica da amostra, quando é aquecida

a altas temperaturas. Essa luz é decomposta por um prisma ou elemento dispersor e o espectro de linhas de emissão é usado para obter informações sobre a composição química da amostra.

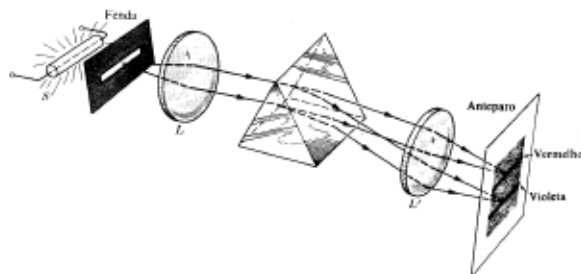


Figura 9: Princípio de funcionamento de um espectrômetro de emissão atômica de construção simples. Uma amostra é aquecida de tal forma que ocorre emissão pelas transições dos elétrons presentes nos átomos entre os níveis quânticos de energia da eletrosfera que caracterizam os elementos presentes na amostra, possibilitando a sua identificação.

A figura 9 mostra o princípio de funcionamento de um espectrômetro de emissão atômica de construção simples, ao redor de um prisma que age como elemento dispersor da luz produzida por uma amostra de gás submetida a fortes descargas elétricas, onde a energia elétrica produz a excitação dos elétrons ou dos níveis rotacionais de moléculas e seus átomos.

Para espectroscopia no visual, a fonte de luz é colocada em frente da fenda do colimador que produz um feixe de forma retangular. A rede de difração é colocada perpendicularmente ao eixo do colimador e os espectros de diferentes ordens são investigados movendo-se o telescópio e modificando a sua posição angular.

Na prática, tanto as lentes que colimam o feixe de luz quanto aquelas que focam a luz que emerge da rede de difração e que incidem no detector de luz (como um fotodiodo) são fixos e a rede de difração é montada sobre um disco giratório para variação do comprimento de onda de leitura. Esse tipo de peça eletromecânica é chamada de *monocromador*.

A forma moderna de construir espectrômetros emprega uma rede de difração (figura 10), pelo fato que os prismas não possuem boa capacidade de dispersão da luz no infravermelho, uma vez que o índice de refração é aproximadamente constante com o comprimento de onda nessa faixa de comprimentos de onda.

Para se convencer disso, pode-se rever figura 7, aonde o se verifica que o índice de refração de qualquer tipo de vidro é praticamente constante

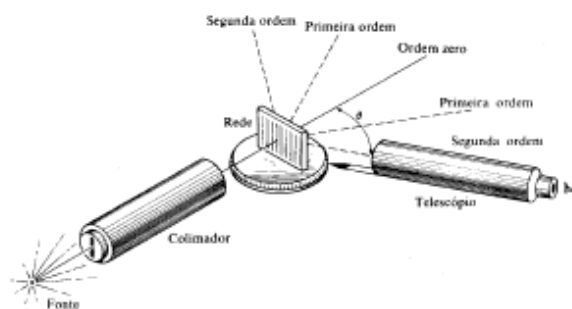


Figura 10: Detalhes da construção de um espectroscópio de rede de difração, aonde a fonte de luz pode ser uma amostra aquecida a altas temperaturas (espectroscopia de emissão) ou amostra aquecida ou não, posicionada entre a rede de difração e uma lâmpada de emissão espectral conhecida (espectroscopia de absorção).

para $\lambda > 800 \text{ nm}$ e o prisma perde a sua capacidade dispersora. Logo, concluímos que apenas com um prisma não poderíamos construir um espectrômetro infravermelho porque a o fenômeno da dispersão da luz produzida por ele é extremamente baixa.

A *rede de difração* é um dispositivo transparente no qual são dispostas ranhuras muito próximas. Pelo fenômeno da interferência de ondas, a dispersão ocorre pela interferência construtiva e destrutiva das diversas frentes de onda que provêm das ranhuras. Espelhos com ranhuras são usados como redes de difração, principalmente para espectrômetros no infravermelho tipo Fourier.

Uma câmara de imagem tipo CCD resfriada com nitrogênio líquido é acoplada a um pequeno telescópio e esse sistema é empregado em espectroscópios de Fourier de precisão no infravermelho para melhorar a sensibilidade à detecção espectral de elementos presentes na amostra em pequenas quantidades.

XI. ANÁLISE DE PARTÍCULAS SUSPENSAS PELO MÉTODO COULTER

Todas as ondas mecânicas ou eletromagnéticas apresentam a propriedade de difração, que é a propriedade que elas apresentam de contornar bordas de objetos sólidos.

Em particular, a difração de feixes de luz laser é usada para medir o tamanho das partículas de gordura e proteínas existentes no leite, possibilitando a medida de diâmetros entre 17 nm a 2 mm.

A gordura do leite consiste em gotículas maiores que $0,4 \mu\text{m}$ até $15 \mu\text{m}$ enquanto que micelas de caseína possuem dimensões entre 100 e 300 nm (0,1

a $0,3 \mu\text{m}$). A figura abaixo obtida por difração de luz de laser polarizada mostra que o leite desnatado consiste predominantemente em um colóide de micelas de caseína.

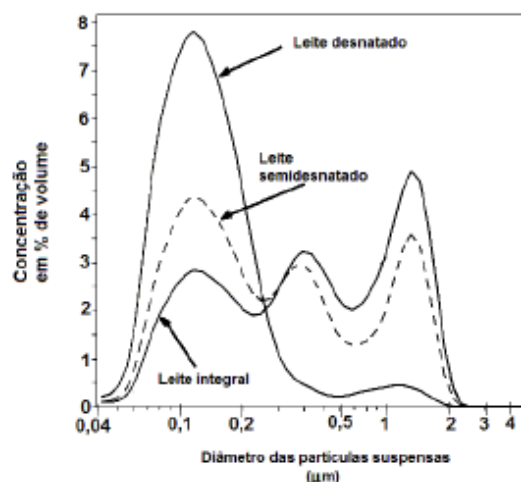


Figura 11: Obtenção da distribuição de volumes de partículas detectadas em uma amostras de leite comercial, usando difração a laser.

Adaptado de: www.beckmancoulter.com

Os principais métodos para determinação de distribuições de tamanhos de partículas suspensas em solvente são: método de Coulter, difração a laser e espalhamento dinâmico da luz, que analisa as energias produzidas pelo espalhamento quando uma partícula, em seu movimento Browniano, intercepta o feixe do laser.

Os resultados desses três métodos concordam entre si somente se o formato das partículas for esférico.

XII. PRODUÇÃO DE RADIAÇÃO PELA PRESENÇA DE UMA TEMPERATURA

Antes de estudar a espectroscopia de absorção no infravermelho, vamos estudar e revisar as propriedades de emissão da radiação infravermelha a partir de corpos negros aquecidos.

Em física, o termo *radiação de corpo negro* indica o fenômeno pelo qual ondas eletromagnéticas são produzidas por corpos que estão submetidos a uma temperatura diferente de zero, pela vibração dos átomos e íons que compõem moléculas mais complexas na estrutura atômica dos materiais.

Um corpo negro ideal é qualquer objeto que absorve completamente toda a radiação luminosa

que incide sobre a sua superfície, como uma esfera ôca metálica que permite a entrada da radiação do meio externo ao seu interior através de um orifício. A onda eletromagnética que incide na cavidade de volume V e é refletida sucessivamente nas paredes até que seja completamente absorvida, aumentando a temperatura das paredes até atingir uma condição de equilíbrio e uma temperatura final T .

No equilíbrio, a energia eletromagnética da radiação implica em uma certa densidade de energia na cavidade $u = U/V$. A pressão da onda eletromagnética sobre as paredes é proporcional à densidade de energia no seu interior, que é independente do volume da cavidade mas apresenta somente uma dependência com a temperatura:

$$p = \frac{u}{3} \quad (17)$$

A relação entre a densidade de energia u e a temperatura T é obtida pela equação de estado termodinâmica:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p \quad (18)$$

Substituindo $U = u(T) V$, obtemos que a derivada parcial à esquerda é apenas $u(T)$. Como $p = u(T)/3$, a derivada parcial à direita é numericamente igual a $(du/dT)/3$ e essa equação de estado é imediatamente integrável:

$$\frac{du}{dT} = \frac{4u}{T} \quad (19)$$

$$\int \frac{du}{u} = 4 \int \frac{dT}{T} \quad \rightarrow \quad \ln u = 4 \ln T + C$$

A taxa de emissão de energia R pelo corpo negro por unidade de área da abertura é diretamente proporcional à densidade de energia na cavidade e redefine-se a constante indeterminada C como σ , obtendo-se a fórmula empírica entre a potência por unidade de área irradiada por um corpo negro e a temperatura, encontrada por Josef Stefan em 1879, conhecida pela lei de Stefan-Boltzmann, que obteve experimentalmente o valor $\sigma = 5,6703 \times 10^{-8} \text{ J m}^{-2} \text{ s K}^4$:

$$R_e = \sigma T^4 \quad (20)$$

A potência total da radiação emitida por um corpo negro esférico de raio R em todas as direções é a luminosidade do corpo negro, sendo dada pela multiplicação de R_e pela área total vista pelo observador, sendo medida em Watts:

$$L = 4\pi\sigma R^2 T^4 \quad (21)$$

Entretanto, a radiação de corpo negro $R_e(\lambda)$ possui uma distribuição espectral que apresenta um máximo de emissão em um comprimento de onda λ_m como função de temperatura, dada pela lei de deslocamento de Wien:

$$\lambda_m T = 2,8979 \times 10^{-3} \text{ m K} \quad (22)$$

Enquanto que para comprimentos de onda longos, a fração de energia por unidade de volume é dada pela lei de Rayleigh-Jeans:

$$u(\lambda) = \frac{8\pi kT}{\lambda^4} \quad (23)$$

Onde o termo kT é associado com a energia média por grau de liberdade do átomo e, consequentemente, com a energia cinética de uma partícula livre de um gás confinado em três dimensões, onde $k = 8,6174 \times 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$ ou $1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ é a constante de Boltzmann, usando a conversão $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ joules}$. O valor de kT a uma temperatura de 300 K é $0,02585 \text{ eV}$.

Para comprimentos de onda curtos, na direção da banda ultravioleta do espectro eletromagnético, essa relação prevê valores de $u(\lambda)$ muito maiores do que se realmente observa, consistindo em um problema chamado catástrofe do ultravioleta.

Max Planck resolveu o problema da catástrofe do ultravioleta no início do século XIX, a partir da sua hipótese que admitida pela primeira vez que a energia média de osciladores atômicos fosse uma variável discreta que dependesse da frequência de oscilação:

$$E_n = nhf \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty \quad (24)$$

A constante de proporcionalidade $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ é a constante de Planck. Em unidades de energia atômicas (elétron-volt) vale $4,136 \times 10^{-15} \text{ eV s}$.

Com as correções devido à quantização de energia, obtemos a densidade espectral da radiação de corpo negro que resolve o problema da catástrofe

do ultravioleta, conhecida como Lei de Planck para a emissão do corpo negro:

$$u(\lambda) = \left(\frac{8\pi hc}{\lambda^5} \right) \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (25)$$

A lei de Wien é obtida determinando-se a condição de máximo dessa expressão como $du(\lambda)/dT = 0$.

No limite de comprimentos de onda longos $\lambda \gg hc/kT$, obtemos a lei de Rayleigh-Jeans.

Integrando-se $u(\lambda)$ sobre todos os comprimentos de onda, obtemos a lei de Stefan-Boltzmann. A densidade total de energia é obtida a partir da lei de Planck integrada sobre todo o espectro eletromagnético:

$$U = \int_0^\infty u(\lambda) d\lambda = \int_0^\infty \frac{8\pi hc \lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda kT} - 1} d\lambda$$

Fazendo uma troca de variável adimensional $x = hc/\lambda kT$, deve-se também trocar o diferencial para $dx = -hc d\lambda/(kT\lambda^2)$ de modo que $d\lambda = -\lambda^2(kT/hc) dx$. Logo a expressão prévia pode ser integrada:

$$\begin{aligned} U &= - \int_\infty^0 \frac{8\pi hc \lambda^{-3}}{e^x - 1} \left(\frac{kT}{hc} \right) dx \\ &= 8\pi hc \left(\frac{kT}{hc} \right)^4 \int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1} dx \end{aligned}$$

Olhando em uma tabela de integrais definidas, percebe-se que:

$$\int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^4}{15}$$

Substituído esse valor na expressão anterior, temos que:

$$U = \left(\frac{8\pi^5 k^4}{15h^3 c^3} \right) T^4 \quad (26)$$

Usando $R_e = (c/4)U$ e $R = \sigma T^4$, pode-se mostrar facilmente que a constante de Stefan-Boltzmann pode ser expressa em termos da constante de Planck h , da constante de Boltzmann k e a velocidade da luz c e que realmente vale $5,6703 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^4$, reforçando a consistência da teoria e a validade da hipótese de quantização da energia de Planck.

A radiação na banda infravermelha é produzida termicamente por fontes terrestres com temperatura de aquecimento até 1500 graus centígrados. Pelo modelos da radiação de corpo negro ideal, qualquer corpo com uma temperatura T em Kelvins, produzirá um espectro de emissão infravermelha com intensidade máxima em um comprimento de onda λ dada por:

$$\lambda T = 2,898 \times 10^{-3} \text{ K m} \quad (27)$$

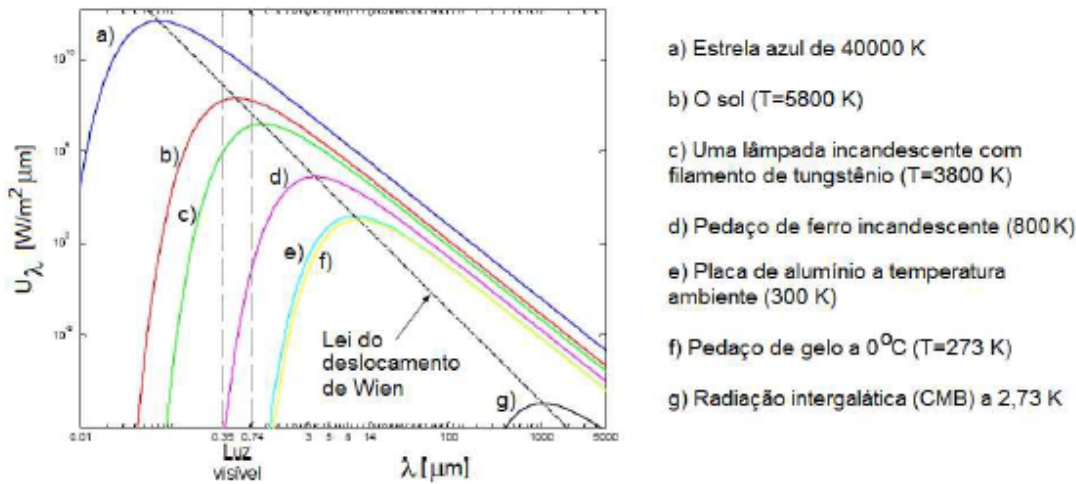
Enquanto que a radiância espectral total, definida pela potência da radiação por unidade de área externa do corpo emissor, integrada em todos os comprimentos de onda emitidos por um corpo aquecido a uma temperatura T em Kelvins, é dada por:

$$R = \sigma T^4 \quad (28)$$

onde $\sigma = 5,6703 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ é a constante de Stefan-Boltzmann. Instrumentos de medida possibilitam medir a potência total da radiação captada a uma certa distância R do corpo emissor.

A figura 12 mostra o gráfico da função de Planck $U(\lambda)$ para diversas temperaturas desde as estrelas mais quentes até as emissões mais frias próximas a zero Kelvin detectadas pelo homem. Note que a escala de comprimentos de onda está disposta em escala logarítmica (mono-log) porque não poderia ser disposta em uma única página se fosse uma escala de comprimentos de onda tipo linear. As unidades de medida no sistema internacional de unidades é W/m^2 de superfície, vezes comprimento de onda em micrômetros.

Como exemplo, vamos calcular a potência total da radiação emitida por um ser humano. A temperatura cutânea varia dependendo da região do corpo e é controlada pelo centro termorregulador no tronco encefálico, acima do *nucleus accumbens*, pois o fluxo de sangue na circulação periférica é o principal responsável pela dissipação de calor entre o organismo e o meio, mantendo uma temperatura média cutânea de $36,2^\circ\text{C}$, ou, convertendo para Kelvins, $T = 273 + 36,2 = 309,2$ Kelvins. Supondo que o indivíduo possua uma altura de 1,70 m e perímetro ($S = 2\pi r$) da cintura $S = 0,89$ m. Em primeira aproximação, podemos considerar a área externa do indivíduo pela fórmula da superfície externa do cilindro com altura $h = 1,70$ m e raio da base $r = 0,142$ m. Logo, a área externa total do indivíduo será $A = 2\pi r h = S h = 1,51 \text{ m}^2$.



- a) Estrela azul de 40000 K
- b) O sol (T=5800 K)
- c) Uma lâmpada incandescente com filamento de tungstênio (T=3800 K)
- d) Pedaco de ferro incandescente (800 K)
- e) Placa de alumínio a temperatura ambiente (300 K)
- f) Pedaco de gelo a 0°C (T=273 K)
- g) Radiação intergaláctica (CMB) a 2,73 K

Figura 12: Curvas de radiação de corpo negro ideal, aonde se definem características espectrais em função da temperatura. A previsão da "lei" incorreta do deslocamento de Wien está disposta para comparação.

Pela lei de Stefan-Boltzmann, a radiância espectral do indivíduo será $R = \sigma T^4 = 5,6703 \times 10^{-8} (309,2)^4 = 518,3 \text{ W m}^{-2}$. A potência total emitida por todo o corpo será o produto da radiância pela área externa do corpo, ou $P_t = 518,3 \times 1,51 = 782 \text{ W}$. Como um detector de radiação infravermelha possui um rendimento máximo na ordem de 24%, ele perceberá que o indivíduo emitiria uma potência total de $782 \times 0,24/2 = 94 \text{ Watts}$, onde o divisor por dois foi incluído pois somente detecta-se a radiação emitida pela parte frontal do corpo.

A quantidade de radiação em W/m^2 do corpo humano, um pedaco de metal e um copo de água a $T = 36,5^\circ\text{C}$ é a mesma.

Algumas medidas de luminância em situações do cotidiano são mostradas na tabela III.

Tabela III: Relação entre iluminância e exemplos de fontes luminosas, segundo medidas eletro-ópticas típicas.

Iluminância (em lux)	Situação
32000-130000	Luz solar direta
10000-25000	Luz diurna, sem sol direto
700-1000	estudio de filmagem, dia nublado claro
340-500	iluminação de escritório
70-140	dia nublado muito escuro
40-80	ambiente residencial brasileiro
0,3-1,2	noite clara em lua cheia
0,002- 10^{-4}	luz das estrelas em noite sem lua

Para completar o cálculo, o comprimento de onda infravermelho onde a radiação é emitida com a sua máxima intensidade é obtida pela lei

de Wien, ou seja, $\lambda_m = 2,898 \times 10^{-3} / 309,2 = 9,372 \times 10^{-6}$ metros ou aproximadamente 10 microns.

Portanto, faz sentido pensar que um ser humano é uma fonte de calor em 10 microns, equivalente a uma lâmpada incandescente de 100 W, como normalmente se lê na literatura menos especializada. Detectores infravermelhos passivos (PIR, do inglês "Passive InfraRed") de movimento como o sensor piroelétrico RB200-B são empregados em alarmes residenciais pois operam em uma faixa de comprimentos de onda na faixa de 5-14 μm , assim como câmeras termográficas usada em guerrilha eletrônica pelas forças armadas e em estudos biológicos de grandes aves e mamíferos da fauna silvestre, *in situ*, pois as propriedades de emissão infravermelha de animais homeotérmicos é similar aos parâmetros calculados anteriormente. Animais pecilotérmicos como répteis, insetos e peixes não podem ser detectados por sensores tipo PIR.

XIII. O ESPECTRO DA RADIAÇÃO SOLAR

Como foi visto na seção anterior, qualquer corpo sólido ou denso a uma temperatura T produz uma radiação de corpo negro que segue a lei de Planck, $U(\lambda, T)$ (eq. 25), resultando em curvas de emissão similares àquelas apresentadas na figura 12.

O sol, sendo a fonte de energia que nutre a vida na terra, não é um corpo sólido mas possui uma temperatura média de superfície que depende da atividade solar.

Em termos dessa temperatura média, podemos calcular a sua emissividade de corpo negro e obter as características espectrais no visual e no infravermelho. Essa radiação possui fortes linhas de absorções atômicas e moleculares dos elementos químicos que constituem a sua superfície.

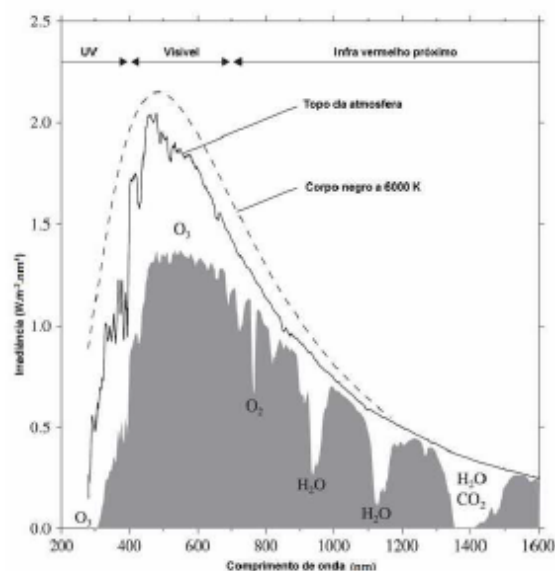


Figura 13: Espectro de emissão solar no espaço fora da nossa atmosfera e na superfície da terra (em cinza), mostrando a redução do espectro esperado de corpo negro ideal de 6000 K de temperatura, pela absorção de elementos atmosféricos terrestres e solares.

Além da absorção da radiação solar pela sua própria atmosfera, temos que, na superfície da terra, a distribuição espectral da luz solar recebida sofre várias absorções dos elementos químicos da atmosfera terrestre, (vapor de água, dióxido de carbono, ozônio, nitrogênio, etc.), o que implica em absorções seletivas de energia (figura 13).

De uma maneira geral, os principais mecanismos de absorção atômica e molecular de radiações tipo corpo negro são mostrados na figura 14, dependendo de como as substâncias químicas interagem com ondas eletromagnéticas de frequências diferentes.

Pelo termo *constante solar*, entendemos o fluxo de radiação do Sol por unidade de área na superfície da terra em m^2 , quando a incidência dos raios solares é perpendicular a essa superfície, para um segundo de tempo de incidência desses raios.

Um valor médio de $1360 W/m^2$ é esperado para uma luminosidade solar total $L = 3,8 \times 10^{26} J/s$, acima da atmosfera, com a distância terra-sol de aproximadamente 149,6 milhões de km. A luminosidade solar para um raio solar $R = 695,5$ mi-

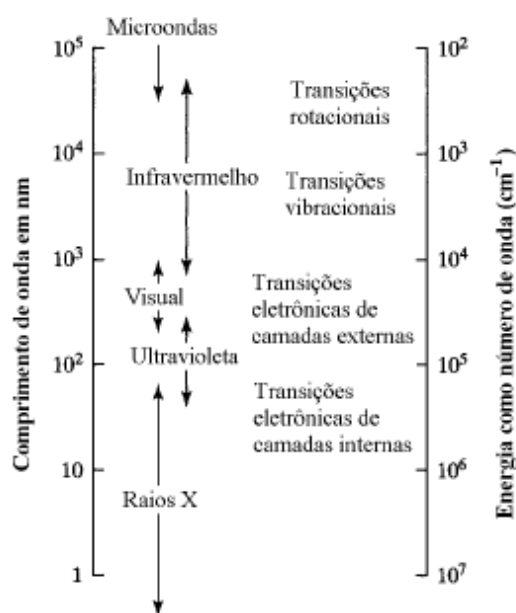


Figura 14: Ilustração das formas dominantes de absorção de energia luminosa a partir do comportamento molecular e atômico.

lhões de metros e temperatura de superfície $T = 5800 K$ pode ser calculada pela equação (21).

A constante solar fora da nossa atmosfera é sempre maior que na superfície do planeta, pelo fato de haver as absorções moleculares da atmosfera da terra, por partículas de poeira, ou pela presença de aerossóis, que faz com que esse valor caia para uma média de $780-940 W/m^2$, conforme medido por pireliômetro e do espectrômetro de radiação solar, que são os instrumentos mais usados para essa finalidade.

A potência da radiação solar na superfície P_r depende fortemente da latitude terrestre aonde o observador está situado, da época do ano, além da própria constante solar acima da atmosfera terrestre.

Outro fator é o *albedo* que é a propriedade de um planeta de refletir uma porção da energia recebida para o espaço. Para a terra, o albedo é $A = 0,39$ que significa que 39% da luz solar é refletida de volta para o espaço e o valor da constante solar é $P_r = P_1(1 - A)$ desses valores acima, ou seja, ao redor de $235-342 W/m^2$ em média. Parte dessa energia é usada para fazer o equilíbrio térmico natural entre a terra e a atmosfera. O albedo da lua é um pouco menos que $1/3$ do albedo terrestre e as características da luz solar refletida pela lua (luz lunar) na superfície da terra é muito similar àquela da luz solar incidente na superfície da terra, mas

que chega na terra com uma intensidade bem menor que a luz solar.

A eficiência de um painel solar é baixa (menos que 18%) de modo que apenas uma fração da energia solar que chega em cima da atmosfera da terra é efetivamente convertida em eletricidade para fins de desenvolvimento agropecuário.

Assim, painéis solares que convertem a incidência de radiação solar em uma localização geográfica inter-tropical podem contar com cerca de 42 – 62 W/m² de energia elétrica útil para a eletrificação residencial e rural.

A temperatura da superfície da terra pode ser estimada usando-se um modelo de corpo negro alimentado com a potência recebida na sua superfície. Essa modelagem matemática prevê uma temperatura de superfície na ordem de 244-280 K, ou cerca de 15°C que define a re-emissão de energia luminosa de corpo negro, da terra para o espaço.

XIV. ANÁLISE DE PLANTAÇÕES POR COLORIMETRIA

Uma distribuição espectral de uma fonte luminosa possui suas características descritas por uma intensidade versus comprimento de onda em microns ou nanômetros (1 μm = 1000 nm). Entretanto, fazer uma análise espectral com monocromadores e redes de difração é um recurso tecnológico muito caro de ser implementado para avaliação nutricional de plantações via aerofotogrametria ou cobertura de plantação de grandes extensões de terra por semeadoras guiadas por GPS.

Pelo termo *aerofotogrametria*, entendemos o uso de câmaras que produzem imagens em várias bandas de cores dentro do espectro visual e sua análise comparativa permite determinar vários parâmetros para análise da evolução técnica de plantações.

A figura 15 acima mostra as características de absorção dos principais pigmentos biológicos fotossintetizantes e o espectro da luz solar está mostrado para comparação. Cada pigmento absorverá em um intervalo estreito de comprimento de onda da luz visível, o que pode ser usado para identificá-los e uma dada região geográfica.

Toda a energia luminosa absorvida pelos pigmentos pode ser usada para fotossíntese pelos organismos fotossintetizantes, sendo que todos eles absorvem radiação na porção mais intensa do espectro de radiação solar. Isso se reflete na colo-

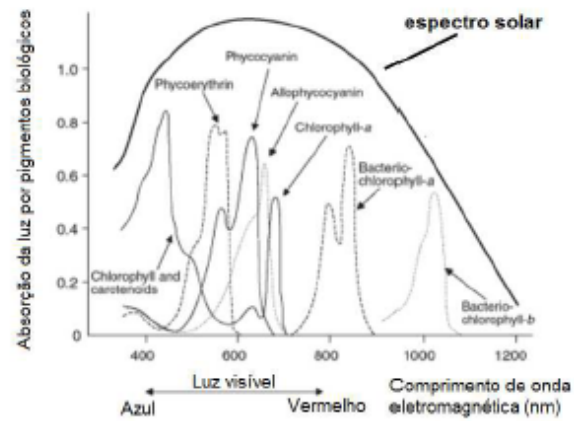


Figura 15: Ilustração da absorção da luz solar por diversos pigmentos biológicos fotossintetizantes.

ração dos pigmentos e das algas, que podem ser isoladas pela filtragem digital das imagens obtidas pelas câmaras dos satélites.

O estado nutricional da plantação afeta a pigmentação e a coloração das folhas e o volume das plantas, e a avaliação de colheitas de trigo e soja, por exemplo, pode ser feita pela mesma técnica.

Em particular, a distribuição espectral da intensidade da radiação solar possui maior emissão na cor verde (550 nm), vermelha (660 nm) e infravermelha próxima (NIR) em 790 nm que na cor violeta (340 nm), o que indica que podemos medir a intensidade nessas faixas de cores para estimar esse espectro, com uma aproximação adequada para a agricultura (figura 16-a).

Em geral, a deficiência de nitrogênio captada pela raiz das plantas pela ação de fixação do nitrogênio atmosférico por bactérias específicas no solo produzem um desbalanço de pigmentos de folhas como as variedades α e β clorofila e pigmentos carotenóides.

Como a superfície da terra é iluminada pelo sol que possui uma distribuição espectral facilmente determinável, a luz é refletida pelo solo de volta para o espaço em uma proporção aproximadamente constante no intervalo de comprimentos de onda da radiação eletromagnética entre 500 e 700 nm. Observações espectroscópicas da luz solar refletida pela lua que possui uma atmosfera muito menos densa que a da terra mostram que as características espectrais da luz solar refletida pela lua e pela terra são similares nesse intervalo de comprimento de onda.

Para agricultura, a luz solar refletida no compri-

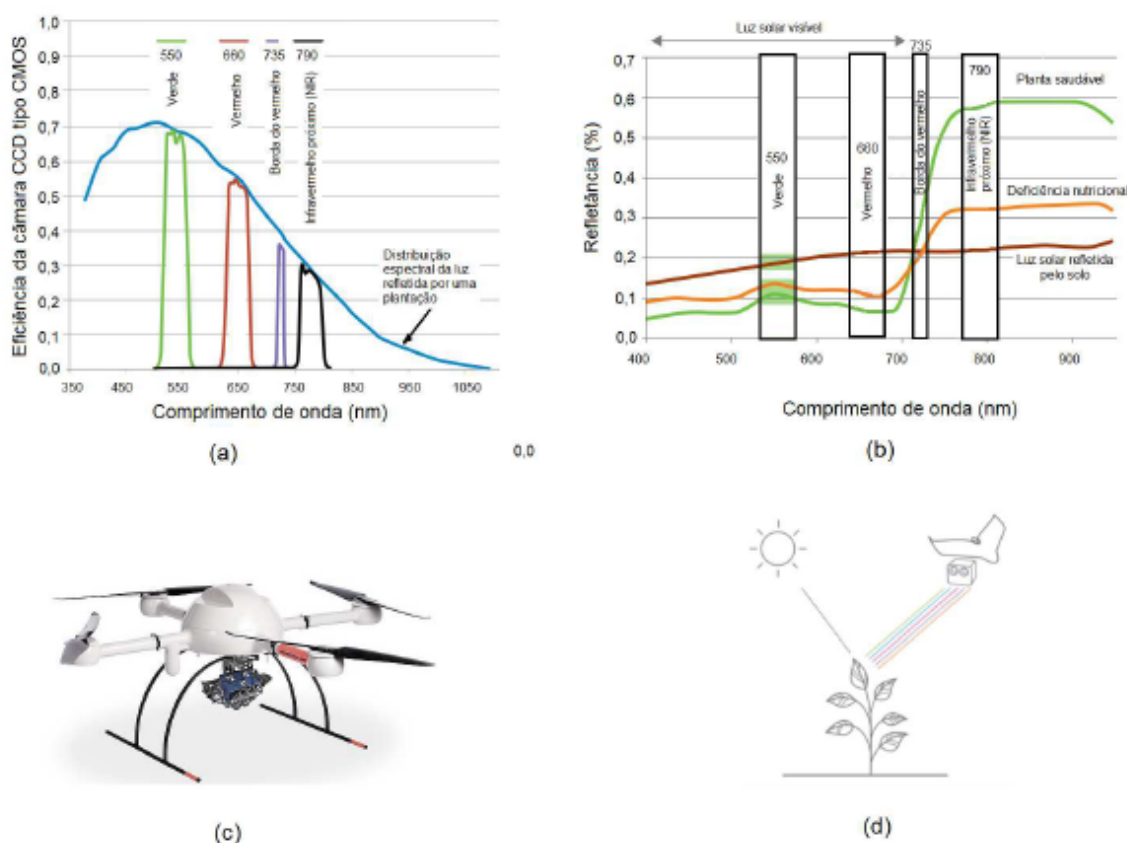


Figura 16: Uso da colorimetria para avaliação nutricional de plantações usando Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs).

mento de onda azul do espectro visual varia muito pouco com o estado nutricional das plantas e praticamente é difícil avaliar esse estado pela análise da reflexão da luz em comprimentos de onda da luz mais curtos que 500 nm.

Entretanto, verifica-se que variação na pigmentação de folhas de plantas como trigo, soja e milho produz alterações na intensidade da luz refletida na parte verde e vermelha da faixa visual do espectro eletromagnético, em comparação com a reflexão da mesma luz devido ao solo (figura 16-b).

Mas observando as características de reflexão de folhas, percebe-se que há uma janela espectral bem estreita entre o vermelho e o início do infravermelho próximo, chamada "borda do infravermelho" (em inglês "infrared edge") centrada no comprimento de onda de 790 nm (vermelho bem escuro).

Nessa borda do infravermelho, a refletividade foliar de uma planta saudável fica bem maior que a refletividade natural do solo e das plantas com estresse nutricional.

No infravermelho próximo (790 nm), pratica-

mente temos a reflexão oriunda de folhas de plantas saudáveis, seguindo a tendência que só é observada em comprimentos de onda mais longos que a banda vermelha da porção visual do espectro eletromagnético.

Na figura 16-c, temos o esquema de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), usualmente conhecido como "drone" ("zangão" do inglês) que é guiado por pelo sistema global de navegação GPS.

A figura 16-d mostra a coleta de dados pelo VANT da luz solar refletida pelo solo e plantação, durante seu voo.

O VANT está normalmente equipado com quatro câmaras CCD independentes, com tecnologia CMOS, que são dispositivos que produzem uma imagem digital em Full HD (1080p ou 1920×1080 pixels) para cada banda espectral que caracteriza as cores verde, vermelho, borda do infravermelho e NIR (infravermelho próximo).

Essas imagens são processadas para obter informação sobre as áreas de campo aonde ocorre a deficiência nutricional e diversos erros no plantio por plantadeiras robóticas também guiadas por GPS.

Em geral, as imagens nas quatro "cores" são combinadas para produzir índices numéricos usados em estudos avançados, como combinações matemáticas de intensidades de cada banda, calculada para cada pixel de imagens.

A. O Sistema de Posicionamento Global - GPS

O Sistema de Posicionamento Global GPS pertence à Marinha Americana e consiste no projeto de uma constelação de 32 satélites em órbitas circulares com uma altitude de 20350 km acima do nível do mar (figura 17). Na prática, há um número de satélites variável à medida que alguns cessam de funcionar e outros são lançados para substituí-los. Tradicionalmente, há mais de 24 satélites, mas não menos que isso.

Com o lançamento do primeiro satélite em 1976, o GPS constituiu-se em um desenvolvimento da época da "Guerra Fria" pós Segunda Guerra Mundial em resposta ao sistema de navegação russo GLONASS que serve ao mesmo propósito.

Eles emitem sinais em duas frequências em microondas, $L1$ em 1575.42 MHz e $L2$ em 1227.60 MHz, com codificação digital sobre o satélite que o produziu e detalhes da sua órbita naquele instante de tempo. Os satélites GPS possuem relógios de césio de alta precisão que possibilitam conhecer o tempo com uma precisão melhor que 1 nanossegundo.



Figura 17: A constelação de satélites GPS

Esses satélites estão a uma órbita semissíncrona com a rotação terrestre, porque fazem uma volta completa ao redor da Terra em 12 horas (meio dia) e um mesmo satélite passa pelo mesmo ponto projetado na superfície terrestre duas vezes por dia.

Pelo fato da velocidade da luz no vácuo ($c = 2,999 \times 10^9$ m/s) ser independente da fonte que produz o feixe luminoso, ou do detector que o recebe, é um valor absoluto na natureza. Assim, diferenças entre tempos de sinais digitais transmitidos nas frequências $L1$ e $L2$ possibilitam medir distâncias entre a antena e cada satélite que estiver visível acima da linha do horizonte. Essas frequências foram escolhidas em uma região espectral de microondas aonde não há absorção atmosférica, nem pelos gases contidos nela, nem pelo vapor d'água.

O receptor GPS é digital e possui um microprocessador interno que pega os dados de tempo e órbita de cada satélite detectado pela antena, mede a distância até cada satélite e deriva a latitude e longitude do receptor, informando o usuário onde está, em um mapa gravado na memória interna do receptor.

Em um momento qualquer durante o dia, em qualquer lugar do globo terrestre temos a passagem de pelo menos quatro satélites e, quanto mais satélites houver, melhor será a determinação da latitude e longitude do receptor, além da sua velocidade.

O sistema GPS não possibilita a obtenção de imagens devido ao fato de estarem longe demais da Terra para isso e não terem dispositivos imageadores a bordo.

Desde 2009 tem sido incluído a frequência $L5$ de 1176,45 MHz para melhoria do desempenho do sistema pela adição de mais uma frequência de transmissão.

Referências:

- JENKINS, F.A., WHITE, H.E. **Fundamentals of Optics 4th ed.**, New York:McGraw-Hill, 1981.
- MOHSENIN, N.N. **Physical Properties of Plant and Animal Materials:Structure, physical characteristics and mechanical properties. V.1.** New York: Gordon and Breach, 1970.

Experimento 16 - A parte visual da radiação de corpo negro

Em um pedaço de metal como o tungstênio, existem praticamente infinitos níveis de energia com infinitas distâncias de separação entre eles, de modo que elétrons e íons que absorvem calor e emitem ondas eletromagnéticas, o fazem em um número incomensurável de comprimentos de onda.

Como o olho humano não permite distinguir comprimentos de onda muito próximos entre si, enxergamos tudo como se fosse um borrão colorido.

Daí, temos uma banda colorida que se estende por todo a faixa visível do espectro eletromagnético.

Nesse experimento, vamos estudar as cores produzidas por uma lâmpada e determinar as suas frequências e comprimentos de onda.

O calor que sentimos quando aproximamos a mão de uma lâmpada incandescente se deve ao fato de uma boa quantidade delas ser emitidas no infravermelho, que são ondas eletromagnéticas que o olho humano não tem capacidade de perceber.

Das aulas de física, você deve lembrar que um nanometro (nm) corresponde a 10^{-9} metros, um micrômetro (μm) corresponde a 10^{-6} metros e um milímetro (mm) corresponde a 10^{-3} metros.

Na faixa visual do espectro eletromagnético, temos todas as ondas eletromagnéticas no intervalo entre cerca de 340 e 780 nm.

Materiais necessários:

- Uma lâmpada incandescente de filamento de tungstênio de qualquer potência;
- Um prisma ou rede de difração de 1000 linhas por milímetro;
- Fenda colimadora para paralelizar os raios de luz, se a lâmpada for de grandes dimensões em comparação com a sua distância até o prisma ou rede de difração.

Nesse experimento, iremos aprender como decompor a luz visível em componentes espectrais de cores.

Observe a figura 1 abaixo e pegue a lâmpada de filamento de tungstênio e o prisma, colocando a fenda colimadora para produzir um feixe de luz em forma de linha.

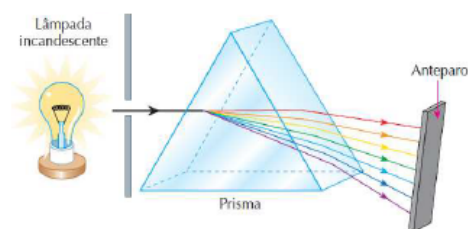


Figura 1: Uso de prisma para decompor a luz visível em componentes de cor.

Observe a luz e veja a sequência de cores. Note que existem cores em toda a extensão luminosa. Esse tipo de espectro, que existe em todos os comprimentos de onda se denomina **emissão contínua**.

Observe agora com o espectrômetro portátil e veja que existe uma graduação numerada, onde o número representa o primeiro dígito em centenas de nanômetros (nm) e as subdivisões entre os números representam 10 nm. Assim, a marca que contem o número 5 indica uma onda eletromagnética de 500 nm. Uma onda que incide três marcas depois do cinco corresponde a 530 nm e assim sucessivamente.

Se as cores do arco-íris são violeta, azul, verde, alaranjado e vermelho, escreva abaixo qual seriam seus comprimentos de onda aproximados em nm, observando a luz branca emanada pela lâmpada incandescente. A cor violeta com comprimento de onda $410 \text{ nm} = 410 \times 10^{-9} \text{ m}$ possui uma frequência $f = c/\lambda$ dada pela divisão

$f = 3 \times 10^8 / 4,1 \times 10^{-7}$ e o cálculo resulta em $7,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$, que completamos na tabela para você.

Componente de cor	Comprimento de onda (nm)	Frequência (Hz)
Violeta	410 nm	$7,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$
Azul		
Verde		
Amarelo		
Alaranjado		
Vermelho		

A relação entre o produto do comprimento de onda λ e a frequência f de uma onda eletromagnética é dada pela fórmula:

$$\lambda f = c \quad \rightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

Aqui, $c = 3 \times 10^8$ m/s é a velocidade da luz. Se λ for dados em metros, a frequência f é dada em Hertz (Hz) ou ciclos por segundo.

Calcule as frequências das cores em Hertz (Hz) e complete a tabela anterior.

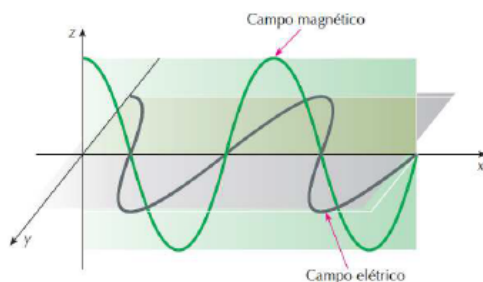


Figura 2: Esquema de uma onda eletromagnética segundo a interpretação de James Clark Maxwell. A distância em metros, milímetros, microns ou nanômetros entre os picos ou cristas é o comprimento de onda λ .

A figura 2 acima mostra uma onda eletromagnética, caracterizada por uma frequência f e um comprimento de onda λ , sendo que campos elétricos e magnéticos oscilam transversalmente à direção de propagação com a mesma frequência e comprimento de onda. Eles estão sempre em fase, quer dizer, quando o campo magnético é máximo, o campo elétrico também o é. Ambos são mínimos em um mesmo ponto qualquer no espaço.

O processo de decomposição da luz produzida por substâncias aquecidas em ondas elementares de frequências mensuráveis por um espectrômetro como um prisma ou rede de difração é chamado *decomposição espectral da luz*.

Questão 16.1 - Como você interpreta a luz amarelada produzida por uma lâmpada incandescente, ou o próprio sol, em termos desse modelo de onda mostrado nessa figura ?

Questão 16.2- Calcule a temperatura de cor do filamento de tungstênio para a lâmpada usada nesse experimento, usando o modelo matemático da radiação de corpo negro.

Experimento 17 - O espectro de ionização de gases em tubo de Geissler

O tubo de Geissler foi inventado pelo físico alemão Johannes Heinrich Geissler em 1858, o qual inventou a técnica de manufatura de tubos que produzem luz colorida, como os anúncios luminosos de neônio. De fato, Geissler possuía uma fábrica desses tubos luminosos para entretenimento e nessa época as transições eletrônicas que produzem a emissão da luz pelo salto em níveis de energia da eletrosfera nem tinha sido descoberta. Bohr somente havia proposto seu modelo atômico para explicar as cores da luz produzidas pelo átomo de hidrogênio em 1913, ou seja, 55 anos mais tarde do primeiro tubo de Geissler ser vendido.

Esses tubos permanecem até hoje como uma ótima forma de identificarmos as características espectrais da luz produzida pelos átomos que compõe substâncias químicas, passando uma alta voltagem elétrica sobre vapores metálicos no vácuo ou em gases rarefeitos.

A figura 3 abaixo mostra o diagrama de análise e decomposição espectral da luz produzida por um tubo de Geissler.

Para esse experimento, temos os seguintes materiais:

- Uma caixa com uma abertura, onde se pode ver a luz produzida por um tubos de Geissler;
- Um tubo de Geissler contendo hidrogênio (H) já montado no lugar ;
- Uma fonte de alimentação AC de 3 kV já montada para alimentar a lâmpada.
- Uma rede de difração plástica com 1000 linhas (ranhuras) por milímetro.

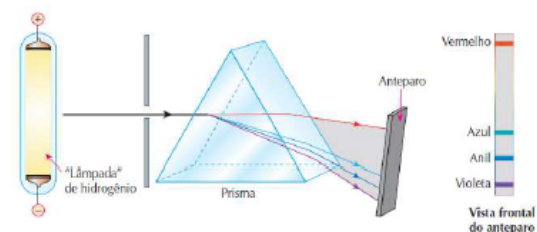


Figura 3: Esquema de análise da luz produzida por um tubo de Geissler com hidrogênio a baixa pressão. A linha de emissão vermelha em $\lambda = 656$ nm é a linha alfa (α) do hidrogênio. A segunda azul $\lambda = 486$ nm é a linha beta (β) e assim por diante para as outras linhas. As linhas H_{α} e H_{β} São as primeiras linhas da série de Balmer que é detectada na faixa visual do espectro eletromagnético.

O hidrogênio e o hélio são conhecidos como gases estelares, porque estrelas como o sol são formadas dele, em quase a sua totalidade.

Na realidade, o hélio foi descoberto na superfície do sol por análise espectroscópica bem antes de ser detectado na atmosfera terrestre. A cada milhão de átomos da atmosfera terrestre temos 784 mil moléculas de nitrogênio (N_2), 210 mil moléculas de oxigênio (O_2) e desse milhão, apenas 5 átomos são de hélio. Portanto, o hélio é um gás muito caro para ser produzido.

O nitrogênio é o gás mais abundante da atmosfera da terra, mas os seres vivos como os animais e o homem não o absorve pela respiração. Compostos nitrogenados chamados *aminoácidos* são usados para a manutenção das fibras musculares dos seres vivos e são obtidos pela ingestão de alimentos e não diretamente. É preciso que bactérias presentes nas raízes das plantas capturem o nitrogênio do solo e possibilitem sua absorção pelas plantas que alimentam os seres vivos.

Assim, esses três gases são muito importantes para manutenção da vida na terra, entre outros como o próprio oxigênio.

Ligue o botão na caixa para ligar a fonte de alta tensão que alimenta o tubo de Geissler.

Observe as cor da lâmpada e observe-as com o espectroscópio manual ou através da rede de difração no painel de vidro.

Ligue a lâmpada por uns 30 segundos e desligue pelo mesmo intervalo de tempo para preservar a sua durabilidade. Os tubos de Geissler esquentam bastante e nunca devem ser tocados para evitar queimaduras.

Questão 17.1 - O que você pode dizer sobre os espectros observados na descarga do hidrogênio ?

A linha H_α é a mais intensa e a linha H_β é a seguinte.

Qual dessas duas é vermelha e qual é a azul ?

Questão 17.2 - Como o espectro do hidrogênio se compara com o espectro da luz branca da lâmpada incandescente ?

Questão 17.3 - Como você explica essas diferenças em termos da absorção de energia elétrica pelos cátions produzidos pela passagem da corrente elétrica ? Lembre que o cátion do hidrogênio é um simples próton livre.

Questão 17.4 - Você já ouviu falar do modelo atômico de Bohr ? Como ele pode ser usado para explicar a natureza das diferenças de cores entre as linhas espectrais observadas.

Questão 17.5 - Como são produzidas as linhas H_α e H_β pelo hidrogênio quando sofre uma descarga elétrica a baixa pressão ? Pense no modelo atômico de Bohr que foi feito exclusivamente para esse átomo.

Questão 17.6 - Explique, com suas palavras, como se dá a formação do espectro que foi observado para o hidrogênio neste experimento a partir da aplicação da energia elétrica no tubo.

Observe a luz da lâmpada e veja a sequência de cores. Note que agora não existem cores em toda a extensão luminosa, ao contrário do que foi visto na lâmpada incandescente.

Esse tipo de espectro, que existe somente em alguns comprimentos de onda fixos, mas não em todos os comprimentos de onda, se denomina **emissão discreta** e pode ser visto tanto em emissão (amostra de gás aquecido) ou em absorção, quando o gás frio é colocado entre uma fonte de radiação de corpo negro e a rede de difração, em um sistema monocromador.

Experimento 18 - Dependência de índice de refração com comprimento de onda

Como visto anteriormente, um prisma é feito de um material hialino que possui um índice de refração variável com o comprimento de onda da luz que passa sobre ele, e dessa forma, produz o efeito da dispersão da luz.

No presente experimento, vamos verificar a dependência do índice de refração da água de torneira com o comprimento de onda, pela análise quantitativa da lei de Snell.

Para esse experimento, os seguintes materiais serão disponibilizados:

- Uma caneta laser vermelha, com o comprimento de onda de 660 nm;
- Uma caneta laser violeta, com comprimento de onda de 405 nm;
- Um recipiente semicircular de acrílico acoplado a um transferidor transparente;
- Um suporte de madeira com anteparo para realizar as medidas ópticas;
- Papel milimetrado para medir os desvios angulares e fazer os gráficos.

Monte a caneta laser no suporte de madeira e fixe-a firmemente no seu lugar. Opere a mesma pressionando o botão liga-desliga no corpo da caneta.

Coloque uma amostra de água de torneira no recipiente em formato de meia-lua sobre o transferidor.

Diferentes valores do ângulo de incidência θ_1 podem ser obtidos simplesmente girando-se o transferidor para mudar o alinhamento óptico do feixe de luz laser com respeito ao ponto de incidência com a normal ao plano.

Os valores de θ_2 ou o ângulo refratado podem ser medidos quando emergem do meio líquido na porção curva do recipiente semicircular, sabendo-se que o meio líquido possui índice de refração n_2 .

Questão 18.1- Usando a caneta laser vermelha, preencha a seguinte tabela e determine o índice de refração da água nesse comprimento de onda com a análise gráfica. Use quatro casas decimais em seus cálculos.

θ_1	desvio Y (mm)	$\text{sen } \theta_1$	$\text{sen } \theta_2$ $= Y/R$
0°			
5°			
10°			
15°			
20°			
25°			
30°			
35°			
40°			
45°			

Assumindo um índice de refração do ar $n_1 = 1,000$, o índice de refração da água pode ser calculado pela seguinte expressão, pela análise gráfica do gráfico $\text{sen } \theta_2$ versus $\text{sen } \theta_1$:

$$n_2 = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2}$$

Nesse gráfico, o ponto $(0,0)$ da origem do sistema de coordenadas faz parte do traçado das retas que ajustam os pontos observados.

Use a distância $R = 452$ mm entre o ponto de incidência da luz sobre a superfície ar-água e o anteparo que intercepta os raios emergentes,

Questão 18.2- Usando a caneta laser violeta, repita o método experimental da questão anterior e preencha a seguinte tabela abaixo. Faça o gráfico sobre o mesmo papel milimetrado dos pontos experimentais acima e determine o índice de refração da água nesse novo comprimento de onda com a análise gráfica. Novamente, use quatro casas decimais em seus cálculos.

θ_1	desvio Y (mm)	$\text{sen } \theta_1$	$\text{sen } \theta_2$ $= Y/R$
0°			
5°			
10°			
15°			
20°			
25°			
30°			
35°			
40°			
45°			



Figura 4: Esquema de um refratômetro comercial em escala de salmoura e a escala de sombra azulada visualizada através da sua ocular.

Experimento 19- Uso do refratômetro portátil para controle de qualidade de alimentos

O refratômetro portátil (figura 4) é um dispositivo sem pilhas ou baterias, que funciona pelo princípio que o grau de refração da luz quando passa por uma amostra líquida aonde há uma concentração de moléculas e íons opticamente ativos, depende da concentração dessas moléculas no meio aquoso.

Para líquidos transparentes como a salmouras, o caldo de cana, mel, xarope de glicose de milho, gradação de etanol em bebidas destiladas ou fermentadas, etc., o índice de refração dependerá da densidade desses produtos alimentícios e a análise do índice de refração será um indicador de qualidade desses alimentos.

O aparelho emprega um prisma de precisão montado internamente e uma fonte de luz amarela natural como a luz solar diurna difusa para seu correto funcionamento.

Através das lentes do instrumento, pode-se ter uma escala em densidade e concentração salinas para salmoura, ou em uma unidade de medida própria para soluções glicosadas, denominada graus Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) (figura 4).

Água deionizada, se colocada sobre a janela do refratômetro indicará zero de salinidade ou exatamente 1,000 de densidade ficando toda a escala

azul, sem a cor branca. Em geral, o instrumento possui compensação interna de temperatura, que pode afetar as medidas ópticas.

Nesse experimento, iremos usar um refratômetro portátil para estabelecer a relação entre a concentração de salmoura e concentração de uma solução de sacarose e medir a que graus Brix essas concentrações correspondem.

Também é importante estudar e entender, nesse momento, que tipo de relação $^{\circ}\text{Bx}$ se espera para as variações de concentração de salmoura e sacarose.

Para esse experimento, serão disponibilizados os seguintes materiais:

- Balança digital de precisão com duas casas decimais, em gramas;
- Sal de cozinha, iodado;
- Açúcar de mesa, em envelopes individuais de 5 gramas;
- Dois béqueres contendo 100 ml de água de torneira;
- Duas colheres de plástico.
- Um refratômetro com escala de 0-40 $^{\circ}\text{Brix}$. Normalmente uma escala de 0-25% de gradação alcóolica para análise de bebidas fermentadas pode acompanhar esse produto.

O procedimento de operação é simples:

1. Observe as partes que compõem seu refratômetro, identificando com a figura 4;

C(%)	Brix (açúcar)	Brix (salmoura)	C(%)	Brix (açúcar)	Brix (salmoura)
0			20		
5			25		
10			30		
15			35		

- Limpe a janela do prisma azulado e a parte de baixo da tampa com uma flanela bem macia ou levemente umedecida com água limpa;
- Feche a tampa e observe a ocular contra uma fonte luminosa, de preferência a luz solar que vem pela janela e mantendo o aparelho sempre na horizontal.
- Use a chave de fenda que acompanha o instrumento para regular a porção azulada observada de forma que fique coincidente com a escala de zero Brix;
- Quando isso tiver sido feito, o instrumento está calibrado e pronto para ser utilizado;
- Com um conta-gotas limpo, pingue de uma a três gotas da amostra a ser analisada sobre a janela do prisma;
- Feche a tampa para que a amostra se espalhe automaticamente sobre toda a janela;
- Anote a leitura em °Bx para a amostra analisada. Anote também a densidade específica ou graduação alcóolica se for o caso.
- Limpe bem a janela e a tampa homogenizadora com a flanela e continue as suas medidas.


Questão 19.1 - Prepare soluções de sacarose até 35% em passos de 5% usando 100 mL de água comum da torneira. Leia a graduação em °Bx para cada medida e preencha a tabela acima. Faça o gráfico da graduação Brix versus concentração da solução C(%) em um papel milimetrado.

Questão 19.2- Prepare salmouras com concentrações até 35% em passos de 5% usando 100 mL de água comum da torneira. Leia a graduação em °Bx para cada medida e termine de completar a tabela. Faça o gráfico da graduação Brix versus concentração da solução C(%) em um papel milimetrado, usando o mesmo papel dos pontos dispostos da atividade acima.

Questão 19.3- Compare os dois gráficos para verificar o comportamento dos dados coletados. Escreva a sua explicação pessoal para esse fenômeno ?

ANEXOS

ANEXO 1 – EMENTA DA DISCIPLINA DE FÍSICA PARA CIÊNCIAS RURAIS.

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA PROGRAMA DE DISCIPLINA							
DEPARTAMENTO: <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">FÍSICA</div>								
IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">CÓDIGO</th> <th style="width: 60%;">NOME</th> <th style="width: 20%;">(T-P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">FSC 1064</td> <td style="text-align: center;">FÍSICA PARA CIÊNCIAS RURAIS</td> <td style="text-align: center;">(6-0)</td> </tr> </tbody> </table>			CÓDIGO	NOME	(T-P)	FSC 1064	FÍSICA PARA CIÊNCIAS RURAIS	(6-0)
CÓDIGO	NOME	(T-P)						
FSC 1064	FÍSICA PARA CIÊNCIAS RURAIS	(6-0)						
OBJETIVOS - ao término da disciplina o aluno deverá ser capaz de : <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 5px;"> <p style="text-align: center;">Identificar fenômenos naturais em termos de regularidade e quantificação, bem como interpretar princípios fundamentais que generalizam as relações entre eles e aplicá-los em resolução de problemas.</p> </div>								
PROGRAMA: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">TÍTULO E DISCRIMINAÇÃO DAS UNIDADES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;"> UNIDADE 1 - MECÂNICA <p>1.1 - Cinemática de translação e rotação.</p> 1.1.1 - Introdução ao cálculo diferencial e integral. 1.1.2 - Cálculo Vetorial. 1.1.3 - Equações do Movimento uniforme. 1.1.4 - Equações do movimento uniformemente variado. 1.2 - Dinâmica da translação e rotação. 1.2.1 - Leis de Newton. 1.2.2 - Leis de Conservação. 1.2.3 - Atrito. 1.2.4 - Aplicação em sistemas dinâmicos. 1.3 - Estática e Elasticidade. 1.3.1 - Centro de massa. 1.3.2 - Equilíbrio de translação. 1.3.3 - Equilíbrio de rotação. 1.3.4 - Módulos de elasticidade. UNIDADE 2 - ELETROSTÁTICA <p>2.1 - Campo elétrico.</p> 2.1.1 - Carga elétrica. 2.1.2 - Lei de Coulomb. 2.1.3 - Lei de Gauss. 2.1.4 - Campo elétrico. 2.1.5 - Condutores e Isolantes. 2.2 - Potencial elétrico. 2.2.1 - Energia Potencial Elétrica. 2.2.2 - Potencial Elétrico. 2.2.3 - Superfícies equipotenciais. <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">(SEGUE)</div> </td> </tr> </tbody> </table>			TÍTULO E DISCRIMINAÇÃO DAS UNIDADES	UNIDADE 1 - MECÂNICA <p>1.1 - Cinemática de translação e rotação.</p> 1.1.1 - Introdução ao cálculo diferencial e integral. 1.1.2 - Cálculo Vetorial. 1.1.3 - Equações do Movimento uniforme. 1.1.4 - Equações do movimento uniformemente variado. 1.2 - Dinâmica da translação e rotação. 1.2.1 - Leis de Newton. 1.2.2 - Leis de Conservação. 1.2.3 - Atrito. 1.2.4 - Aplicação em sistemas dinâmicos. 1.3 - Estática e Elasticidade. 1.3.1 - Centro de massa. 1.3.2 - Equilíbrio de translação. 1.3.3 - Equilíbrio de rotação. 1.3.4 - Módulos de elasticidade. UNIDADE 2 - ELETROSTÁTICA <p>2.1 - Campo elétrico.</p> 2.1.1 - Carga elétrica. 2.1.2 - Lei de Coulomb. 2.1.3 - Lei de Gauss. 2.1.4 - Campo elétrico. 2.1.5 - Condutores e Isolantes. 2.2 - Potencial elétrico. 2.2.1 - Energia Potencial Elétrica. 2.2.2 - Potencial Elétrico. 2.2.3 - Superfícies equipotenciais. <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">(SEGUE)</div>				
TÍTULO E DISCRIMINAÇÃO DAS UNIDADES								
UNIDADE 1 - MECÂNICA <p>1.1 - Cinemática de translação e rotação.</p> 1.1.1 - Introdução ao cálculo diferencial e integral. 1.1.2 - Cálculo Vetorial. 1.1.3 - Equações do Movimento uniforme. 1.1.4 - Equações do movimento uniformemente variado. 1.2 - Dinâmica da translação e rotação. 1.2.1 - Leis de Newton. 1.2.2 - Leis de Conservação. 1.2.3 - Atrito. 1.2.4 - Aplicação em sistemas dinâmicos. 1.3 - Estática e Elasticidade. 1.3.1 - Centro de massa. 1.3.2 - Equilíbrio de translação. 1.3.3 - Equilíbrio de rotação. 1.3.4 - Módulos de elasticidade. UNIDADE 2 - ELETROSTÁTICA <p>2.1 - Campo elétrico.</p> 2.1.1 - Carga elétrica. 2.1.2 - Lei de Coulomb. 2.1.3 - Lei de Gauss. 2.1.4 - Campo elétrico. 2.1.5 - Condutores e Isolantes. 2.2 - Potencial elétrico. 2.2.1 - Energia Potencial Elétrica. 2.2.2 - Potencial Elétrico. 2.2.3 - Superfícies equipotenciais. <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">(SEGUE)</div>								

PROGRAMA: (continuação)

- 2.2.4 - Potencial a partir do campo elétrico.
- 2.2.5 - Algumas aplicações importantes.
- 2.3 - Capacitor Elétrico.
 - 2.3.1 - Capacitores.
 - 2.3.2 - Densidade de Energia.
 - 2.3.3 - Dielétricos.
 - 2.3.4 - Capacitor com Dielétrico.

UNIDADE 3 - ELETRODINÂMICA

- 3.1 - Lei de Ohm.
 - 3.1.1 - Corrente Elétrica.
 - 3.1.2 - Lei de Ohm.
 - 3.1.3 - Associação de Resistores.
 - 3.1.4 - Efeito Joule.
- 3.2 - Circuitos de Corrente Contínua.
 - 3.2.1 - Força Eletromotriz.
 - 3.2.2 - Regras de Kirchoff.
 - 3.2.3 - Instrumentos de Medidas Elétricas.
 - 3.2.4 - Circuitos de Corrente Contínua.

UNIDADE 4 - ELETROMAGNETISMO

- 4.1 - Campo magnético.
 - 4.1.1 - Campo magnético.
 - 4.1.2 - Força magnética sobre uma corrente elétrica.
 - 4.1.3 - Ímãs em Campos Magnéticos.
 - 4.1.4 - Torque sobre uma espira.
 - 4.1.5 - Movimento circular de uma carga elétrica.
 - 4.1.6 - Espectrógrafo de massa.
 - 4.1.7 - Ciclotron e Síncrotron.
 - 4.1.8 - Efeito Hall.
- 4.2 - Leis do Eletromagnetismo.
 - 4.2.1 - As equações de Maxwell do eletromagnetismo.
 - 4.2.2 - Lei de Ampère.
 - 4.2.3 - Campo magnético da espira, Solenóide e eletroímã.
 - 4.2.4 - Lei de Faraday, simetrias e aplicações da indução.
- 4.3 - Circuitos de corrente alternada.
 - 4.3.1 - Oscilações elétricas.
 - 4.3.2 - Álgebra dos fasores.
 - 4.3.3 - Potência e valor eficaz.
 - 4.3.4 - Circuito RLC de corrente alternada.

UNIDADE 5 - ONDAS E FÍSICA MODERNA

- 5.1 - Ondas mecânicas.
 - 5.1.1 - Onda-partícula.
 - 5.1.2 - Ondas.
 - 5.1.3 - Cordas Vibrantes.
 - 5.1.4 - Ondas Acústicas.
 - 5.1.5 - Intensidade e nível de som.
- 5.2 - Superposição de ondas.
 - 5.2.1 - O princípio da superposição de ondas.
 - 5.2.3 - Ondas estacionárias.
 - 5.2.4 - Batimento.
 - 5.2.5 - Difração e interferência.
- 5.3 - Introdução a Mecânica Quântica.
 - 5.3.1 - A física do século XIX.

(SEGUE)

Data: ____/____/____

Data: ____/____/____

Coordenador do Curso_____
Chefe do Departamento

CÓDIGO	NOME	(T-P)
FSC 1064	FÍSICA PARA CIÊNCIAS RURAIS	(6-0)

PROGRAMA: (continuação)

5.3.2 - A quantização da energia.
5.3.3 - A dualidade.
5.3.4 - O princípio da incerteza.
5.4 - Fenômenos ondulatórios e quânticos.
5.4.1 - Reflexão e Refração.
5.4.2 - Dispersão.
5.4.3 - Efeito Dopler.
5.4.4 - Polarização.
5.4.5 - Interação da radiação com a matéria.
5.4.6 - Efeito fotoelétrico.
5.4.7 - Efeito Compton.
5.4.8 - Raio X.
5.5 - Radiação térmica.
5.5.1 - Transferência de calor.
5.5.2 - Leis da radiação térmica.
5.5.3 - Efeito estufa.
5.6 - Radiatividade.
5.6.1 - Alfa, Beta e Gama.
5.6.2 - Unidades de radioatividade.
5.6.3 - Aplicações.
5.7 - Teoria da Relatividade.
5.7.1 - Relatividade de Galileu.
5.7.2 - Relatividade de Einstein.
5.7.3 - Conseqüências dos postulados de Einstein.
5.7.4 - Teoria da relatividade geral.

UNIDADE 6 - TERMODINÂMICA

6.1 - Temperatura.
6.1.1 - Temperatura.
6.1.2 - Lei zero da termodinâmica.
6.1.3 - Expansão térmica.
6.1.4 - Dilatação dos líquidos.
6.1.5 - Escalas termométricas.
6.2 - Primeira lei da termodinâmica.
6.2.1 - Calor.
6.2.2 - Absorção de calor por sólidos e líquidos.
6.2.3 - Primeira lei da termodinâmica.
6.2.4 - Entalpia.
6.2.5 - Entropia e potencial químico.
6.2.6 - Transferência de calor por condução.
6.3 - Teoria cinética dos gases.
6.3.1 - Gás ideal.
6.3.2 - Gás real.
6.3.3 - Teoria cinética.
6.3.4 - Calor específico molar a volume constante.
6.4 - Segunda lei da termodinâmica.
6.4.1 - Segunda lei da termodinâmica.
6.4.2 - Ordem e desordem.
6.4.3 - Ciclo de Carnot.
6.4.4 - Motor de automóvel e refrigerador.

UNIDADE 7 - FLUIDOS


7.1 - Fluidos em repouso.
7.1.1 - Pressão em fluidos.
7.1.2 - Princípio de Pascal.
7.1.3 - Princípio de Arquimedes.
7.1.4 - Vapor e Umidade.
7.2 - Escoamento de fluidos.
7.2.1 - Equação da continuidade.
7.2.2 - Equação de Bernoulli.
7.2.3 - Número de Reynolds.
7.2.4 - Tensão Superficial.
7.2.5 - Ação capilar.

Data: ___/___/___


Coordenador do Curso

Data: ___/___/___

Chefe do Departamento

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA BIBLIOGRAFIA	
DEPARTAMENTO:		
FÍSICA		
IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:		
CÓDIGO	NOME	(T-P)
FSC 1064	FÍSICA PARA CIÊNCIAS RURAIS	(6-0)
BIBLIOGRAFIA:		
BIBLIOGRAFIA BÁSICA E COMPLEMENTAR		
<p>Bibliografia Básica</p> <p>HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. Fundamentos da Física 6ª ed.. Rio de Janeiro, LTC, 2002, V. 1.</p> <p>TIPLER, P. A. Física 4ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 1999, V.1.</p> <p>Bibliografia Complementar</p> <p>NUSSENZVEIG H. M. Curso de Física Básica. São Paulo, Edgar Blücher, 1998, V. 1.</p> <p>YOUNG, H. D., FREEDMAN, R. A., Sears e Zemansky Física I: Mecânica, 10ª ed. São Paulo, Addison Wesley, 2003.</p> <p>ALLONSO, M., FINN, E. J. Física Geral, São Paulo, Addison Wesley, 1986.</p>		
Data: ___/___/___	Data: ___/___/___	
_____ Coordenador do Curso	_____ Chefe do Departamento	

ANEXO 2 – EMENTA DA DISCIPLINA DE FÍSICA PARA TECNÓLOGOS EM ALIMENTOS – A.

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA PROGRAMA DE DISCIPLINA	
DEPARTAMENTO:		
FISICA		
IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:		
CÓDIGO	NOME	(T - P)
FSC 1115	FISICA PARA TECNÓLOGOS EM ALIMENTOS - A	(4-0)
OBJETIVOS - ao término da disciplina o aluno deverá ser capaz de:		
<p>Identificar os princípios físicos envolvidos nos processos industriais de preparação de alimentos. Identificar os princípios físicos envolvidos em máquinas de uso na indústria de alimentos. Conhecer e utilizar os diversos sensores e equipamentos de medida. Conhecer diferentes tipos de controladores, suas formas de atuação e sua seleção. Conhecer os princípios da radiação eletromagnética e suas aplicações em tecnologia de alimentos.</p>		
PROGRAMA:		
TÍTULO E DISCRIMINAÇÃO DAS UNIDADES		
<p>UNIDADE 1 - MECÂNICA DE FLUIDOS</p> <p>1.1 - Fluidos ideais e reais 1.2 - Viscosidade de líquidos e gases 1.3 - Fluxo Laminar 1.4 - Lei de Poiseuille 1.5 - Fluxo Turbulento 1.6 - Princípio de Funcionamento de Viscosímetros</p> <p>UNIDADE 2 - TERMODINÂMICA</p> <p>2.1 - A teoria cinética dos gases 2.2 - Calor e Temperatura 2.3 - Primeira Lei da Termodinâmica 2.4 - Processos Adiabáticos e Isotérmicos 2.5 - Entropia e a segunda lei da termodinâmica 2.6 - Funcionamento de Câmaras Frias 2.7 - Funcionamento de Manômetros</p> <p>UNIDADE 3 - FUNDAMENTOS DE ELETRICIDADE</p> <p>3.1 - Potencial, Corrente e Resistências Elétricas 3.2 - Medidas de Correntes e voltagens 3.3 - Lei de Ohm e Circuitos 3.4 - Medidores Elétricos de Temperatura. Termopares e PT100 3.5 - Resistividade da Água</p> <p>UNIDADE 4 - RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA</p> <p>4.1 - Ondas eletromagnéticas (RE) 4.2 - Comprimento de Onda e Frequência 4.3 - Energia e Intensidade da RE</p>		

PROGRAMA: (continuação)

- 4.4 - O espectro Eletromagnético
- 4.5 - Aplicações de Ultra-Violeta
- 4.6 - Aplicações de infravermelho em fornos convencionais
- 4.7 - Aplicações de micro-ondas
- 4.8 - Aplicações de RX

BIBLIOGRAFIA:

TÍTULO E DISCRIMINAÇÃO DAS UNIDADES

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K.S. Física. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 352p. v.2.

HEWITT, P.G. Física conceitual. 9. ed. São Paulo: Bookman, 2002. 686p.

TIPLER, P.A.; LLEWELLYN, R.A. Física Moderna. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 534p.

TIPLER, P.A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC. 2006. 824 p. v.1.

TIPLER, P.A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros: eletricidade e magnetismo, ótica. Rio de Janeiro: LTC. 2006. 596 p. v.2.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BASSALO, J.M.F. Eletrodinâmica clássica. São Paulo: Livraria da Física, 2007. 385p.

BUTKOV, E. Física matemática. Rio de Janeiro: LTC. 1988. 725p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: gravitação ondas e termodinâmica, 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.2.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: eletromagnetismo, 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.3.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: óptica e física moderna, 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.4.

Data: ___/___/___

Data: ___/___/___

Coordenador do Curso

Chefe do Departamento

**ANEXO 3 – QUESTIONÁRIO 2. ATITUDES DOS ALUNOS EM RELAÇÃO A FÍSICA
(QUESTIONÁRIO TALIN (2004)).**

	Concordo Fortemente	Concordo	Sem Opinião	Discordo	Discordo Fortemente
1 Os problemas de Física despertam a minha curiosidade	CF	C	SO	D	DF
2 Eu não gosto de estudar Física	CF	C	SO	D	DF
3 Não consigo entender nada de Física	CF	C	SO	D	DF
4 A Física é fascinante	CF	C	SO	D	DF
5 Estudo Física porque sou obrigado(a)	CF	C	SO	D	DF
6 Tenho dificuldade em resolver problemas de Física	CF	C	SO	D	DF
7 Nas aulas de Física me sinto muito bem	CF	C	SO	D	DF
8 Quando estudo Física, sinto-me incomodado	CF	C	SO	D	DF
9 Física é a matéria que mais me interessa	CF	C	SO	D	DF
10 Estudar Física para mim é perda de tempo	CF	C	SO	D	DF
11 Quando tento resolver um problema de Física, desanimo logo	CF	C	SO	D	DF
12 Aprender Física me traz satisfação	CF	C	SO	D	DF
13 Eu sinto facilidade em aprender Física	CF	C	SO	D	DF
14 Fico nervoso só de pensar em ter que resolver problemas de Física	CF	C	SO	D	DF
15 Acho a Física muito importante	CF	C	SO	D	DF
16 Gosto muito de Física	CF	C	SO	D	DF
17 Estudo Física apenas para passar no curso	CF	C	SO	D	DF
18 A Física me ajuda a resolver problemas práticos	CF	C	SO	D	DF
19 Um problema difícil de Física me desafia a resolvê-lo	CF	C	SO	D	DF
20 Sinto-me completamente perdido(a) quando estudo Física	CF	C	SO	D	DF
21 As aulas de Física me deixam inquieto(a), irritado(a) e desconfortável.	CF	C	SO	D	DF
22 Quando estudo Física, sinto-me estimulado a aprender	CF	C	SO	D	DF
23 Os conteúdos estudados em Física não me são úteis	CF	C	SO	D	DF
24 Sinto-me bem resolvendo atividades de Física	CF	C	SO	D	DF
25 Sinto desgosto só de ouvir a palavra “Física”	CF	C	SO	D	DF
26 Não acho nenhuma utilidade para o que eu aprendo (ou aprendi) em Física	CF	C	SO	D	DF