

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

Luana Ehle Joras

**O PROCESSO DA QUADRANGULAÇÃO: UMA NOVA PERSPECTIVA
METODOLÓGICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Santa Maria, RS
2020

Luana Ehle Joras

**O PROCESSO DA QUADRANGULAÇÃO: UMA NOVA PERSPECTIVA
METODOLÓGICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Educação em Ciências**.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Rosa Chitolina

Santa Maria, RS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Joras, Luana Ehle

O PROCESSO DA QUADRANGULAÇÃO: UMA NOVA PERSPECTIVA
METODOLÓGICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS / Luana Ehle Joras.-
2020.

80 p.; 30 cm

Orientadora: Maria Rosa Chitolina

Dissertação (mestrado) - 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. Ensino de Química 2. Material Didático 3. Matéria
4. Fenômeno Físico 5. Fenômeno Químico I. Chitolina, Maria
Rosa II. Título.

sistema de geração automática de ficha catalográfica da usm. dados fornecidos pelo
autor(a). sob supervisão da direção da divisão de processos técnicos da biblioteca
central. bibliotecária responsável paula schoenfeldt patta cms 10/1720.


Declaro, LUANA EHLE JORAS, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Luana Ehle Joras

**O PROCESSO DA QUADRANGULAÇÃO: UMA NOVA PERSPECTIVA METODOLÓGICA
NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Educação em Ciências**.

Aprovado em 27 de fevereiro de 2020:



Maria Rosa Chitolina, Dr.^a (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Denise Kriedte da Costa, Dr.^a (UFN)



Terimar Ruoso Moresco, Dr.^a (UFSM)

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer...

- ...a minha mãe, que sempre me apoiou na realização dos meus sonhos
- ...aos meus quatro irmãos (Gabriela, Camila, Gabriel e Júlia)
- ...ao Felipe, pelo amor, incentivo e por acreditar no meu potencial
- ...a minha orientadora, Dr.^a Maria Rosa Chitolina, por ter me acolhido
na hora que mais precisei
- ...aos colegas de laboratório e do grupo (GET)
- ...aos verdadeiros amigos, pela compreensão e apoio
- ...a banca pelas considerações
- ...as escolas, os professores e os alunos
- ...a todos professores que se dedicam a ensinar
- ...a Universidade Federal de Santa Maria
- ...a CAPES pela bolsa de estudos

Por fim agradeço, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram
para a realização deste momento tão especial!!!

"Desejar é o primeiro passo para a conquista de nossos sonhos e todos eles podem tornar-se realidade se tivermos a coragem de persegui-los."

Walt Disney

RESUMO

O PROCESSO DA QUADRANGULAÇÃO: UMA NOVA PERSPECTIVA METODOLÓGICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

AUTOR: Luana Ehle Joras

ORIENTADORA: Dr.^a Maria Rosa Chitolina

A utilização de modelos didáticos no Ensino de Ciências pode colaborar com a representação dos conhecimentos químicos, aproximar os estudantes do conteúdo desenvolvido na sala de aula e qualificar os processos de aprendizagem dos escolares. O presente trabalho tem como objetivo verificar a eficiência do método da Quadrangulação para o ensino de transformações físicas e químicas da matéria, a fim de tornar o estudo deste tema mais atrativo para os estudantes e colaborar com o Ensino de Ciências nas escolas. O desenvolvimento desta metodologia surgiu através dos estudos do professor e pesquisador Alex H. Johnstone, que em 1982, foi o primeiro a tratar sobre os três níveis de representação no ensino da química (macro, submicro e simbólico), método denominado Triangulação. A partir disso, surgiu a ideia de propor o quarto nível de representação, denominado por “nível das características”. Desta maneira, os respectivos quatro níveis de representação formam o processo da Quadrangulação. As atividades ocorreram através de encontros semanais com oito estudantes do 1º ano do ensino médio (magistério) durante 10 semanas (com idades entre 15 e 17 anos). A pesquisa desenvolvida foi um estudo transversal (FILHO, 1998), a partir de uma abordagem qualitativa do tipo exploratória e explicativa (MOREIRA, 2011). Foram utilizados questionários como instrumentos de pesquisa. As atividades ocorreram da seguinte maneira: a) Aplicação do questionário pré-teste, b) Aula expositiva, c) Construção do material didático pelos estudantes, d) Aplicação do questionário pós-teste. De acordo com as respostas, foi possível verificar que os estudantes, em geral, se dedicaram para responder as questões propostas. Neste sentido, pode-se observar que através da utilização da metodologia desenvolvida neste trabalho, os estudantes tiveram um avanço significativo na compreensão de conceitos químicos para explicar fenômenos do dia a dia, e também na forma como se mostraram entusiasmados em aprender Ciências através da nova proposta. Sendo assim, pode-se observar que o estudante (A1) exibiu uma maior ênfase de termos científicos em suas respostas, enquanto o estudante (A2) utilizou da química do cotidiano para explicar os conhecimentos científicos. O estudante (A3) melhorou minimamente suas compreensões no pós-teste. Em contrapartida, os estudantes (A4), (A5) e (A7) apresentaram dificuldades para desenvolver suas explicações, tanto no questionário pré-teste como no pós-teste. Por fim, os estudantes (A1), (A6) e (A8) se destacaram na compreensão dos fenômenos no questionário pós-teste. Com base na análise de dados, revelou-se que o processo da Quadrangulação pode colaborar com o ensino e aprendizagem dos estudantes no estudo das transformações da matéria.

Palavras-chave: Ensino de Química. Material Didático. Matéria. Fenômeno Físico. Fenômeno Químico.

ABSTRACT

THE QUADRANGULATION PROCESS: A NEW METHODOLOGICAL PERSPECTIVE IN SCIENCE TEACHING

AUTHOR: Luana Ehle Joras

ADVISOR: Dr.^a Maria Rosa Chitolina

The use of didactic models in Science Education can collaborate with the representation of chemical knowledge, brings students closer to the content developed in the classroom, and qualify the students learning processes. This work aims to check the efficiency of the Quadrangulation method for teaching physical and chemical transformations of matter, to make the study of this theme more attractive to students, and to collaborate with Science Teaching in schools. The development of this methodology came about through the studies of professor and researcher Alex H. Johnstone, who in 1982 was the first to deal with the three levels of representation in the teaching of chemistry (macro, submicro and symbolic), a method called Triangulation. The activities were carried out with eight students from the 1st year high school students in 10 weeks (aged between 15 and 17 years). The research developed was a cross-sectional study (FILHO, 1998), from an exploratory and explanatory qualitative approach (MOREIRA, 2011). Questionnaires were used as the research tool. The activities took place as follows: a) Application of the pre-test questionnaire, b) Expository class, c) Construction of didactic material by students, d) Application of the post-test questionnaire. According to the answers, it was possible to verify that the students, in general, were dedicated to answering the proposed questions. In this sense, it can be observed that through the use of the methodology developed in this work, the students had a significant advance in the understanding of chemical concepts to explain day-to-day phenomena, and also in the way they were excited to learn Science through the new proposal. Thus, it can be observed that the student (A1) exhibited a greater emphasis on scientific terms in his answers, while the student (A2) used the chemistry of everyday life to explain scientific knowledge. The student (A3) minimally improved his comprehension in the post-test. On the other hand, students (A4), (A5), and (A7) had difficulties to develop their explanations, both in the pre-test and in the post-test questionnaire. Finally, students (A1), (A6), and (A8) stood out in understanding the phenomena in the post-test questionnaire. Based on the outcome of the data analysis, it was revealed that the Quadrangulation process can collaborate with the teaching and learning of students in the study of the transformations of the matter.

Keywords: Chemistry Teaching. Course materials. Matter. Physical Phenomenon. Chemical Phenomenon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação dos fenômenos físicos, químicos e físico-químicos, usando um Diagrama de Venn. Desenvolvido pela autora.....	23
Figura 2 - Os três níveis de representação no ensino da química. Adaptado de (Johnstone, 1991, p. 78).....	24

6.1 MANUSCRITO I – O processo da Quadrangulação: uma nova perspectiva metodológica no Ensino de Ciências

Figura 1: Os três níveis de representação no ensino da química. Adaptado de (Johnstone, 1991, p. 78).....	34
Figura 2: Os quatro níveis de representação no ensino da química. Adaptado de (Thomas, 2017, p. 40).....	35
Figura 3: Questões propostas para os estudantes do Ensino Médio (magistério) a respeito de fenômenos cotidianos.....	37
Figura 4: O processo da Quadrangulação no ensino da química. Adaptado de (Thomas, 2017, p. 23).	38
Figura 5: Cronograma das atividades desenvolvidas com os estudantes do Ensino Médio. ...	39
Figura 6: Exemplo dos quatro níveis de representação acerca da questão do sal desenvolvido pela autora.	39
Figura 7: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão do açúcar.	48
Figura 8: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão do açúcar.	49
Figura 9: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão do sal.	49
Figura 10: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão do sal.	50
Figura 11: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão da ferrugem.	50
Figura 12: Os níveis simbólicos de acordo com cada questão. (A): imagem de frente. (B): imagem de cima.	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Questões propostas para os estudantes do Ensino Médio (magistério) a respeito de fenômenos cotidianos.....	33
Quadro 2 - Cronograma das atividades desenvolvidas com os estudantes do Ensino Médio.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição de conceitos fundamentais adaptado do livro intitulado “Ciências & Educação Ambiental” (8ª série)	24
Tabela 2 - Descrição de conceitos fundamentais adaptado do livro intitulado “Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente”	25
Tabela 3 - Descrição de conceitos fundamentais adaptado do livro intitulado “General Chemistry”	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CD: Compact Disc

CS: Coeficiente de Solubilidade

EAN: Educação Alimentar e Nutricional

FCT: Free Categorization Task

FIEX: Fundo de Incentivo de Extensão

LABOTE: Laboratório de Botânica Estrutural

INEP: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

UFSM: Universidade Federal de Santa Maria

OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PISA: Programa Internacional de Avaliação de Alunos

LISTA DE SÍMBOLOS

C: Símbolo do elemento químico carbono
CO₂: Fórmula molecular do dióxido de carbono
Cl: Símbolo do elemento químico cloro
Cl⁻: Símbolo do íon cloreto
C₁₂H₂₂O₁₁: Fórmula molecular da sacarose
e⁻: Partícula fundamental elétron
H: Símbolo do elemento químico hidrogênio
H₂O: Fórmula molecular da água
Fe: Símbolo do elemento químico ferro
FeO: Óxido ferroso
Fe²⁺: Ferro II ou ferroso
Fe³⁺: Ferro III ou férrico
Fe(OH)₂: Hidróxido de Ferro II
Fe(OH)₃: Hidróxido de Ferro III
Na: Símbolo do elemento químico sódio
Na⁺: Símbolo do íon sódio
NaCl: Cloreto de Sódio
O: Símbolo do elemento químico oxigênio
OH: Íon hidroxila

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	15
2	INTRODUÇÃO.....	16
3	JUSTIFICATIVA	19
4	OBJETIVOS	20
	4.1 OBJETIVO GERAL.....	20
	4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
	5.1 A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO QUÍMICA FRENTE A DESMOTIVAÇÃO DOS ESTUDANTES PARA APRENDER QUÍMICA	21
	5.2 DEFINIÇÃO DOS FENÔMENOS QUE OCORREM NA MATÉRIA.....	23
	5.3 TRIANGULAÇÃO: OS TRÊS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO NO ENSINO DA QUÍMICA.....	27
6	METODOLOGIA E RESULTADOS	30
	6.1 MANUSCRITO I – O PROCESSO DA QUADRANGULAÇÃO: UMA NOVA PERSPECTIVA METODOLÓGICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	32
	Resumo:	32
	Abstract:	32
	Introdução	32
	Metodologia	35
	Resultados e Discussão	40
	Considerações Finais	52
	Referências	52
7	DISCUSSÃO GERAL.....	56
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	APÊNDICES	64
	Apêndice I: Questionário da “Quadrangulação” aplicado aos estudantes do 1º ano do Ensino Médio/magistério	64
	Apêndice II: Respostas completas dos estudantes do 1º ano do Ensino Médio/magistério (pré e pós-teste) com base no questionário da Quadrangulação.....	67
	Apêndice III: Manuscrito publicado em 2018, na Revista Education (Rosemead). Intitulado: “Conceptual Reorganization of Phenomena Involved in the Transformation of Matter during Higher Education.”	75
1.	Introduction	76
2.	Methodology.....	77
3.	Results and Discussion.....	78
4.	Conclusions	79
5.	References	80

1 APRESENTAÇÃO

A história de minha vida escolar iniciou-se no ano de 2002, na Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi, localizada na cidade de Santa Maria/RS. No ano de 2008, na sétima série do Ensino Fundamental, fui aluna do professor de Biologia que me inspirou a ser professora. Diante disso, sempre acreditei que a escola pública e de qualidade é de extrema importância na formação do cidadão.

Em 2014, passei no vestibular em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. A partir do 2º semestre da graduação comecei a frequentar o Laboratório de Botânica Estrutural (LABOTE), no qual trabalhei durante um ano e meio. Em abril de 2016, fui selecionada para trabalhar como bolsista em um Projeto de Extensão (FIEX), na área Ensino de Ciências, no qual fiz parte durante dois anos. Neste período, surgiu a ideia do meu primeiro trabalho, o qual foi extremamente importante para o desenvolvimento desta pesquisa. Em 2018, ingressei no Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde/UFSM.

Recentemente, no final de novembro de 2019, participei do processo seletivo de Pós-graduação (Nível Doutorado) no mesmo programa de ensino e, felizmente, fui aprovada. Com isso, pretendo dar continuidade a minha pesquisa sobre o processo da Quadrangulação no Ensino de Ciências, no entanto, com ênfase na Educação Alimentar e Nutricional (EAN) para os estudantes, a fim de verificar a eficiência do método da Quadrangulação nessa área do conhecimento.

Na sequência deste trabalho, segue a Introdução, Justificativa, Objetivos, Revisão Bibliográfica, Metodologia e Resultados (Manuscrito I, organizado em Introdução, Metodologia, Resultados e Discussão, Considerações Finais e Referências Bibliográficas), Discussão Geral, Considerações Finais, Referências Bibliográficas e Apêndices (I, II e III).

2 INTRODUÇÃO

Com base nos dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o Brasil caiu na pontuação no Ensino de Ciências, comparando os anos de 2012 até 2015. A média do Brasil caiu de 405 pontos em 2012 para 401 em 2015, enquanto que os estudantes dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) alcançaram a média de 493 pontos (PISA, 2015). Dessa forma, com o intuito de contribuir com o ensino de química, esse trabalho pretende encontrar didáticas eficientes para buscar melhorar os índices de ensino e aprendizagem dos estudantes.

Pensando nisso, foi elaborado um manuscrito no ano de 2018 (Apêndice III), no qual investigou-se como os estudantes de nível superior classificam fenômenos cotidianos de acordo com seus conhecimentos científicos. Foram analisadas as respostas de 15 estudantes de uma turma de Química Licenciatura Plena e 11 estudantes da Pós-Graduação do Laboratório de Bioquímica Toxicológica, ambos da Universidade Federal de Santa Maria. Todos eles, tiveram que classificar 19 fenômenos cotidianos e o objetivo foi verificar se o aumento do nível de escolaridade colabora com a compreensão e classificação dos fenômenos (JORAS, 2018).

Por conseguinte, os estudantes de graduação e pós-graduação foram questionados sobre vários fenômenos cotidianos e, diante disso, demonstraram incerteza no momento de classificá-los. Sendo assim, esse trabalho foi extremamente importante para o desenvolvimento da presente pesquisa, pois através dele surgiu o interesse em investigar as concepções de estudantes do 1º ano do Ensino Médio sobre questões relacionadas a fenômenos físicos e químicos que ocorrem na matéria, através de uma nova proposta metodológica denominada Quadrangulação.

A Química estuda as transformações que ocorrem na matéria, suas propriedades, e a energia envolvida nesses processos. Alguns fenômenos simples que acontecem diariamente parecem não desfrutar de uma abordagem científica, no entanto a ciência tem a capacidade de explicá-los. Segundo, o livro intitulado “General Chemistry”, é importante estudar os conceitos da Química, pois ela ajuda a compreender os princípios da Biologia, Física, Medicina, e encontrar respostas para fenômenos que acontecem diariamente, como por exemplo, entender o motivo pelo qual o ferro enferruja (WIKIBOOKS, 2013).

Devido sua importância na indústria, na alimentação, nos meios de transportes, etc., é necessário que os estudantes entendam para que ela serve e sua significância em nossa vida. Desse modo eles podem começar a admirar esta área das Ciências da Natureza que por muitas

vezes é criticada por eles já que os mesmos têm dificuldade em correlacionar os conhecimentos químicos com seu cotidiano.

Para que os professores consigam debater com os estudantes sobre as transformações físicas e químicas da matéria, é necessário pensar em algumas questões: Quais são as concepções que os estudantes possuem em relação a transformação da matéria? O que os estudantes entendem por fenômenos físicos e químicos que ocorrem na matéria? Nesse sentido, o que o ensino de química pode fazer para melhorar as compreensões que os estudantes possuem em relação à transformação da matéria?

De acordo com Stavridou e Solomonidou (1989), os estudantes desenvolvem seus próprios conceitos com a finalidade de responder aos fenômenos físicos e químicos que ocorrem na vida cotidiana, com base em suas experiências pessoais. Neste trabalho, será abordado sobre a visão dos estudantes em relação aos fenômenos físicos e químicos que ocorrem na matéria utilizando o método definido como Quadrangulação. A ideia de desenvolver esta metodologia se deu através dos estudos do professor e pesquisador Alex H. Johnstone, que em 1982, foi o primeiro a tratar sobre os três níveis de representação no ensino da química (macro, submicro e simbólico), método denominado Triangulação.

Com base nisso, surgiu a ideia de propor o quarto nível de representação, denominado por “nível das características”. Sendo assim, o nível das características dá oportunidade aos estudantes em relacionarem seus conhecimentos do dia a dia com o conhecimento científico. Dessa forma, os quatro níveis de representação formam o processo da Quadrangulação.

Segundo Pozo e Crespo (2009), ao relacionar os conhecimentos do dia a dia com o conhecimento científico, os estudantes são capazes de alcançar à mudança conceitual de seus entendimentos. Consequentemente, para se chegar ao conhecimento científico é importante refletir sobre as características dos estudantes, seus conhecimentos anteriores, e também a respeito de sua capacidade de raciocínio (WARTHA et al., 2013).

O principal objetivo é que o método da Quadrangulação possa vir a colaborar com as aulas de Ciências da Natureza a fim de que os estudantes exercitem o ato de pensar criticamente e que no momento de solucionar questões propostas pelos professores os alunos se sintam motivados a aprender, exercitando a autorreflexão e a busca por respostas. Dessa forma, os estudantes poderão utilizar suas ideias prévias e em seguida com base nas novas informações proporcionadas pelo professor, ir em busca de esclarecimentos e construção do conhecimento.

Neste sentido, a presente pesquisa tem como propósito responder a seguinte questão: Quais contribuições o método da Quadrangulação pode proporcionar para o estudo das transformações físicas e químicas no Ensino de Ciências?

3 JUSTIFICATIVA

Após perceber a dificuldade que os estudantes possuem em explicar alguns fenômenos simples que ocorrem no cotidiano surgiu o interesse em estudar esse assunto, visto que muitas vezes os estudantes nem imaginam que a ciência tem uma explicação acerca desses acontecimentos. Conforme Santos et al. (2013), o ensino de Química geralmente conduz à memorização de informações, fórmulas e conhecimentos que dificultam o aprendizado dos estudantes e colaboram para a desmotivação em aprender. À vista disso, os estudantes apresentam equívocos na conceituação da química, elaboração e compreensão de modelos científicos e o aparecimento de concepções alternativas.

De acordo com Levy-Nahum et al. (2004), existem muitas pesquisas que tratam sobre os equívocos dos estudantes no ensino da química. Algumas dessas confusões estão relacionadas aos conceitos associados à estrutura química, ligação química, entre eles, moléculas, íons, ligações de hidrogênio, dentre outros. Ambos necessitam de uma grande capacidade de abstração pelos estudantes, pois baseiam-se no mundo submicroscópico da química. Desta forma, a presente pesquisa busca responder o seguinte questionamento: Quais contribuições o método da Quadrangulação pode proporcionar para o estudo das transformações físicas e químicas no Ensino de Ciências?

Neste sentido, a motivação em estudar o assunto se deu com a perspectiva de que a Quadrangulação possa fazer parte das aulas de ciências, ajudando os alunos a pensar o porquê certas coisas acontecem e partirem em busca de explicações. Nesse sentido, o ensino de ciências tem como característica facilitar e qualificar o processo de ensino-aprendizagem para que os estudantes possam entender melhor conceitos da química para explicar situações comuns que acontecem no dia a dia.

OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

- ✓ Analisar as contribuições do método de Quadrangulação para o ensino de transformações físicas e químicas da matéria.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Assim, a partir da Quadrangulação:

- ✓ Elaborar material didático sobre três fenômenos cotidianos (I: o que acontece ao adicionar açúcar na água, II: ao invés de adicionar açúcar acrescentar sal na água, III: o processo da ferrugem);
- ✓ Investigar as concepções de estudantes do ensino médio sobre fenômenos simples que fazem parte do dia a dia;
- ✓ Propor uma nova visão a respeito dos fenômenos físicos, químicos e físico-químicos;
- ✓ Detectar os conhecimentos que os estudantes possuem em relação as transformações físicas e químicas da matéria;
- ✓ Despertar a curiosidade dos estudantes em relação a química do cotidiano;
- ✓ Colaborar com a motivação do ensino-aprendizagem nas escolas;
- ✓ Incentivar o trabalho em equipe.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO QUÍMICA FRENTE A DESMOTIVAÇÃO DOS ESTUDANTES PARA APRENDER QUÍMICA

Com a expansão da Revolução Industrial surgiu um grande interesse pela agricultura científica, o que contribuiu para que a química se fortalecesse. No final do século XVIII, o ensino de química tornou-se importante tanto para fins industriais quanto para suprir as necessidades da população (JOHNSTONE, 1993).

Atualmente, a maioria da população utiliza produtos desenvolvidos pela indústria química, que só existem graças a cientistas em todo o mundo que se dedicam a estudá-los. Além disso, segundo Rosa e Schnetzler (1998), as transformações químicas possibilitam compreender vários processos que acontecem no nosso dia a dia, como o funcionamento do metabolismo, atuação dos medicamentos, alimentação, entre outros.

Os conhecimentos químicos ajudam a compreender o mundo e seus acontecimentos, como por exemplo, o efeito da indústria química no meio ambiente. O lixo oriundo das indústrias proporciona muitos problemas à saúde pública, diante disso, destaca-se a importância de incentivar os estudantes desde cedo a ter atenção com os resíduos.

A capacidade de a humanidade intervir na natureza a fim de atender suas necessidades, ultrapassou a relação de equilíbrio entre os recursos naturais disponíveis e a tecnologia aplicada, causando grandes desequilíbrios ambientais (RUA e SOUZA, 2010). Nesse sentido, é possível abranger os conhecimentos químicos na sala de aula incentivando a consciência ambiental nos estudantes.

Um dos motivos pelo qual os estudantes se sentem desmotivados pelo estudo da química é que muitas vezes eles não entendem o que está sendo ensinado. Ademais, os estudantes não compreendem a finalidade do conteúdo, e acabam não percebendo que esses assuntos podem ajudar a solucionar problemas do dia a dia. Além disso, a quantidade de conteúdo e os termos trabalhados em sala de aula, são demasiados, pois é exigido que os professores supram a grade curricular.

É notável que para os docentes essa é uma tarefa difícil, como é uma disciplina bastante complexa, é necessário fazer um trabalho esmiuçado que exige muita dedicação para tornar o conteúdo mais claro para os estudantes. Outro problema é que muitos deles não possuem formação específica, e isso torna-se um grande obstáculo para educadores e alunos.

A desvalorização profissional, salários baixos e excessiva carga horária dos professores da educação básica, colabora com esse quadro preocupante da situação da Educação no Brasil. O estudo de Lima e Leite (2012), enfatiza que é preciso melhorar a formação continuada dos professores que já fazem parte dessas escolas e incentivar uma melhor formação inicial de futuros professores, através de cursos de licenciatura de qualidade.

Outro aspecto salientado por Lima e Leite (2012), é a necessidade de reformulação da estrutura educacional do Brasil, através de desenvolvimento social, científico e tecnológico que promova melhorias no Ensino de Ciências e de Química e que faça reviver o interesse dos estudantes.

De acordo com Lima (2012), é necessário repensar no ensino de química, que motive os estudantes na busca por respostas a fim de se chegar ao conhecimento científico. Segundo Machado (2000), os professores de química possuem uma função muito importante em facilitar a compreensão do conhecimento químico aos estudantes, permitindo que eles reflitam e se comuniquem a respeito do mundo, suas transformações e constituição.

Ainda em muitas salas de aulas, os estudantes não são incentivados a exercer o pensamento crítico, simplesmente são programados a responderem questões elaboradas pelos professores. Autores como Ausubel (2003), Guimarães (2009), consideram essa forma passiva de aprendizagem não significativa.

A aprendizagem significativa é o argumento central da teoria de David Ausubel. Os novos conhecimentos adquiridos pelos estudantes interagem com o conhecimento prévio que eles já possuem, caracterizado pelo autor como conceito subsunçor. Conforme (AUSUBEL, 2003, p. vi):

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos.

O autor retrata na citação acima que deve haver uma interação entre as ideias culturalmente significativas, com as ideias que os estudantes já possuem e a partir disso amparar com os novos conhecimentos que irão surgir ao longo da vida.

No Ensino de Ciências, permitir que os estudantes possam solucionar problemas por meio da experimentação é uma estratégia de ensino bem conhecida (GUIMARÃES, 2009). Outra possibilidade é o uso de modelos didáticos para melhorar o entendimento dos

estudantes a respeito dos conteúdos trabalhados (GUIMARÃES; ECHEVERRÍA; MORAES, 2006).

Devido ao desinteresse dos estudantes por essa área das Ciências da Natureza é necessário buscar alternativas para incentivá-los a aprender Química, como por exemplo, a utilização de modelos didáticos. A seguir o item (5.2), apresenta definições dos fenômenos que ocorrem na matéria com base em três livros para posteriormente analisarmos o que os estudantes do ensino médio entendem sobre fenômenos físicos, fenômenos químicos, e fenômenos físico-químicos.

Foram analisados os seguintes livros: Ciências & Educação Ambiental - 8ª série do autor Cruz (2002), Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente - Atkins e Jones (2012) e por último o livro “General Chemistry” (2013), retirado do Wikibooks¹.

5.2 DEFINIÇÃO DOS FENÔMENOS QUE OCORREM NA MATÉRIA

Este item apresenta as definições que a literatura traz sobre os fenômenos físicos, fenômenos químicos e fenômenos físico-químicos que ocorrem na matéria, evidenciando a divergência que existe na classificação desses fenômenos. Com base nisso, posteriormente a definição de “fenômeno físico”, “fenômeno químico” e “fenômeno físico-químico”.

A seguir, a (Tabela 1) contém os conceitos oriundos do livro intitulado “Ciências & Educação Ambiental” da 8ª série do Ensino Fundamental. Neste livro, o significado da palavra fenômeno é considerado como “qualquer acontecimento que possa ser observado e que ocorra na natureza ou seja provocado experimentalmente” (CRUZ, 2002, p. 10). De acordo com o autor, fenômeno físico não altera a estrutura da matéria e não origina novas substâncias. Já o fenômeno químico, altera a estrutura da matéria, e pode formar novas substâncias. E fenômeno físico-químico não foi retratado pelo autor Cruz (2002).

¹ Wikibooks é uma comunidade do movimento wikimedia que visa incentivar o movimento cooperativo de livros, apostilas e outros recursos educacionais de conteúdo livre.

Tabela 1 - Descrição de conceitos fundamentais adaptado do livro intitulado “Ciências & Educação Ambiental” (8ª série)

EVENTOS	DEFINIÇÃO
Fenômeno	<i>Fenômeno é qualquer acontecimento que possa ser observado e que ocorra na natureza ou seja provocado experimentalmente</i>
Fenômeno Físico	<i>Que não alteram a estrutura da matéria e, portanto, não a transformam em outra substância, como ocorre, por exemplo, quando um corante se dissolve em água</i>
Fenômeno Químico	<i>Que alteram a estrutura íntima da matéria, resultando na formação de novas substâncias, como ocorre, por exemplo, na queima de uma vela</i>
Fenômeno Físico-químico	-

Obs. Definição da palavra Evento: Fenômeno natural passível de observação científica; fenômeno.

Fonte: Representação detalhada dos eventos que acontecem na matéria. Adaptado de (CRUZ, 2002).

Posteriormente, apresenta-se as definições adaptadas do livro intitulado “Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente” dos autores Atkins e Jones (2012). É interessante notar que o livro não fornece a palavra fenômeno, mas sim propriedade da matéria. Além disso, os autores apresentam os significados de propriedade física, propriedade química e suas mudanças.

Segundo Atkins e Jones (2012), a química é a ciência que estuda a matéria e suas transformações. “Nenhum material independe da química, seja vivo ou morto, vegetal ou mineral, seja na Terra ou em uma estrela distante” (ATKINS E JONES, 2012, p. 21).

A química investiga as propriedades da matéria, ou seja, suas características. As propriedades físicas são características que podemos observar e mensurar sem alterar a identidade da matéria. Assim, as mudanças físicas afetam as propriedades físicas, mas não a substância. Por outro lado, as propriedades químicas mudam a identidade da matéria e as substâncias podem participar de reações químicas. Nesse sentido, as mudanças químicas afetam as propriedades químicas da matéria. Por fim, a definição de físico-química referindo-se ao “estudo dos princípios da química” (ATKINS E JONES, 2012, p. 25). Nesse sentido, percebe-se que a definição alcançada pelos autores ainda é muito abrangente. A seguir segue a Tabela 2:

Tabela 2 - Descrição de conceitos fundamentais adaptado do livro intitulado “Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente”

EVENTOS	DEFINIÇÃO
Fenômeno	-
Propriedade	<i>Uma característica da matéria. Exemplos: pressão de vapor, cor, densidade, temperatura</i>
Propriedade Física	<i>Característica que observamos ou medimos sem que haja alteração da identidade da matéria</i>
Propriedade Química	<i>As propriedades químicas são as que mudam a identidade de uma substância. E também é a capacidade que tem uma substância de participar de uma reação química</i>
Mudança Física	<i>Mudança em que a identidade da substância não muda, só as propriedades físicas. Exemplo: congelamento</i>
Mudança Química	<i>A conversão de uma ou mais substâncias em substâncias diferentes</i>
Físico-Química	<i>Estudo dos princípios da química</i>

Fonte: Representação detalhada dos eventos que acontecem na matéria. Adaptado de (ATKINS e JONES, 2012).

Posteriormente, as definições adaptadas do livro “General Chemistry” retirado do (WIKIBOOKS, 2013). É possível observar que o livro não usa a palavra fenômeno propriamente dita, mas define propriedade física, propriedade química, mudança física, mudança química e aborda a definição do conceito de físico-químico.

As propriedades físicas podem ser mensuradas sem mudar a identidade do produto químico. As propriedades químicas lidam com a maneira como uma substância química reage com outra (WIKIBOOKS, 2013, p. 21). Mudanças físicas influenciam as propriedades físicas, mas não transformam a substâncias em outras e as mudanças químicas, podem resultar em substâncias diferentes da inicial (WIKIBOOKS, 2013, p. 26).

O livro apresenta a definição de “physical-chemistry”, porém deve-se ter atenção para não confundir com fenômeno físico-químico “physical-chemical”. Nesta obra, não está definido a expressão fenômeno físico-químico (WIKIBOOKS, 2013). A seguir a Tabela 3:

Tabela 3 - Descrição de conceitos fundamentais adaptado do livro intitulado “General Chemistry”

(continua)

EVENTOS	DEFINIÇÃO
Fenômeno	-
Propriedade	-
Propriedade Física	<i>As propriedades físicas podem ser medidas sem alterar a identidade do produto químico. O ponto de congelamento de uma substância é físico. Quando a água congela, ainda é H₂O</i>
Propriedade Química	<i>Propriedades químicas lidam com a forma como um produto químico reage com o outro. Sabemos que a madeira é inflamável porque se transforma em calor, cinza e dióxido de carbono quando é aquecida na presença de oxigênio</i>

Tabela 4 - Descrição de conceitos fundamentais adaptado do livro intitulado “General Chemistry”

(conclusão)	
EVENTOS	DEFINIÇÃO
Mudança Física	<i>Mudanças físicas não fazem com que uma substância se torne uma substância fundamentalmente diferente</i>
Mudança Química	<i>As mudanças químicas, por outro lado, fazem com que uma substância se transforme em algo inteiramente novo. Mudanças químicas são tipicamente irreversíveis, mas nem sempre é o caso</i>
Físico-químico	<i>A química física é o estudo das propriedades físicas dos produtos químicos, que são características que podem ser medidas sem alterar a composição da substância</i>

Fonte: Representação detalhada dos eventos que acontecem na matéria. Adaptado de (WIKIBOOKS, 2013).

Segundo o Merriam-Webster’s Collegiate Dictionary, a palavra físico-químico foi definida pela primeira vez em 1664, com as seguintes definições: (1) “sendo físico e químico” e (2) “relacionado à química que lida com as propriedades físico-químicas das substâncias”.

A maioria dos estudantes não percebe que um mesmo fenômeno pode apresentar alterações físicas e químicas simultaneamente, e este fato confunde seus entendimentos e acaba fazendo com que eles não reflitam a respeito dos fenômenos e conseqüentemente não apliquem os ensinamentos no seu dia a dia (JORAS, 2018). Baseado nisso, observe a seguir a Figura 1:

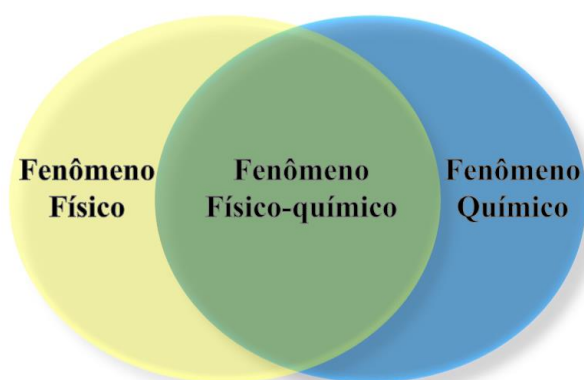


Figura 1 - Representação dos fenômenos físicos, químicos e físico-químicos, usando um Diagrama de Venn². Desenvolvido pela autora

² Diagrama de Venn é conhecido como um sistema de organização de conjuntos numéricos, onde os elementos são agrupados em figuras geométricas, facilitando a visualização da divisão realizada entre os diferentes grupos.

Além disso, um aspecto importante foi observado no estudo de Stavridou e Solomonidou (1989), relacionado com o conceito de reversibilidade. Neste estudo, muitos estudantes consideraram um fenômeno químico quando não for reversível e quando há reversibilidade da matéria classificaram como um fenômeno físico.

Entretanto, muitos químicos também consideram que a maioria das reações químicas são reversíveis sob certas condições, nesse sentido, o conceito de reversibilidade precisa ser trabalhado com atenção pelos professores, sendo necessário que esta questão seja tratada em mais estudos (STAVRIDOU E SOLOMONIDOU, 1989).

O item (5.3), aborda sobre os três níveis que ajudam a entender como a química funciona, método chamado de Triangulação, o qual se tornou muito importante na Educação Química. Existem três níveis que ajudam a entender como a química funciona. O primeiro trata de acontecimentos que podemos visualizar diretamente, chamado nível macroscópico. Refere-se a matéria e suas alterações, como por exemplo, queima de combustível, mudança de cor das folhas no outono, etc. No entanto, o nível microscópico investiga mais intensamente os fenômenos considerando o rearranjo dos átomos. Por último, o nível simbólico caracteriza os fenômenos químicos por meio de símbolos, fórmulas, equações, e entre outros (ATKINS e JONES, 2012).

5.3 TRIANGULAÇÃO: OS TRÊS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO NO ENSINO DA QUÍMICA

Já se passaram mais de três décadas desde que Alex H. Johnstone em 1982 foi pioneiro a tratar sobre os três níveis de representação do ensino da química, que ficaram conhecidos primeiramente como: descritivo e funcional, explicativo e representativo (TABER, 2013).

O nível descritivo e funcional, trata sobre como podemos ver e manipular materiais e suas propriedades (densidade, inflamabilidade, cor e entre outros). Já o nível explicativo, envolve átomos, moléculas, íons, estruturas, etc. E o nível representativo, refere-se à representação de substâncias químicas por meio de fórmulas e equações (TABER, 2013).

Posteriormente Johnstone (1982), criou uma associação em suas obras e caracterizou o nível “descritivo e funcional” como macroquímica, o nível “explicativo” com as teorias e modelos, que no início caracterizou como microquímica, e mais tarde por submicroquímica e o nível “representacional” associou com a linguagem simbólica.

Em seus trabalhos posteriores, Johnstone (1991, 2000), representou em formato de triângulo planar os três níveis de representação no ensino da química. Conforme demonstra a Figura 2 a seguir (JOHNSTONE, 1991).

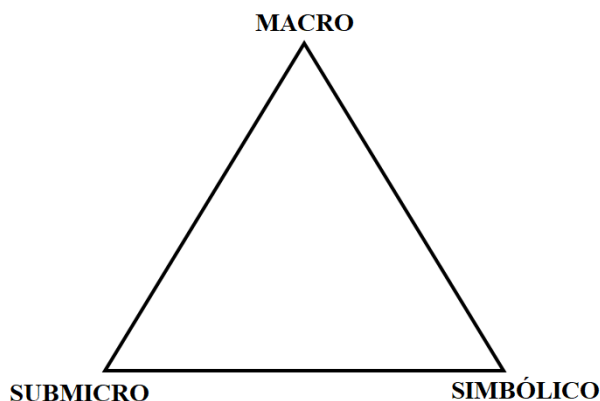


Figura 2 - Os três níveis de representação no ensino da química. Adaptado de (Johnstone, 1991, p. 78).

Johnstone (1991) em seu trabalho intitulado “Por que a ciência é difícil de aprender? As coisas raramente são o que parecem” afirma que os problemas na aprendizagem da ciência estão envolvidos com a natureza da ciência e aos métodos utilizados, que não consideram as informações que se tem sobre a aprendizagem das crianças.

A maior parte dos estudos de Johnstone baseiam-se em dois modelos, sendo eles: o processamento de informações e a natureza da química. O primeiro modelo, trata sobre o processamento de informações, onde a percepção é utilizada para filtrar ensinamentos que consideramos importantes e desconsiderar outros. Neste sentido, o autor alerta que ensinar os três níveis simultaneamente pode resultar em falhas na compreensão dos estudantes ou não gerar conhecimento (JOHNSTONE, 2000).

O autor faz uma crítica ao malabarismo entre todos os níveis de representação e denomina esse fato de “pensamento multinível”, pois é determinado que os estudantes pensem em muitas coisas ao mesmo tempo (JOHNSTONE, 1991). Os químicos podem tratar esses três níveis ao mesmo tempo, mas para os estudantes ainda é muito complexo. Em consequência, muitos estudantes consideram difícil a aprendizagem da química sendo esta a origem de muitos equívocos (JOHNSTONE, 2000).

O segundo modelo, relaciona-se com a natureza da química. Existem três formas de tratar os vértices do triângulo: “macro e o tangível (o que pode ser visto, tocado e cheirado), o submicro (átomos, moléculas, íons e estruturas) e o representacional (símbolos, fórmulas, equações, manipulação matemática e gráficos)” (JOHNSTONE, 2000).

O autor argumenta que ambos os níveis possuem a mesma importância e se completam (JOHNSTONE, 2000). Conforme Talanquer (2011), o ensino de química oferece uma maior atenção ao par submicro-simbólico e acaba não incentivando os estudantes a movimentarem-se significativamente entre os três níveis. Desse modo, muitos estudantes se sentem confusos e desmotivados no estudo da química.

O nível macro, representa a química realizada no laboratório, na cozinha e entre outros. Mas para entender realmente o que está acontecendo é necessário passar para o nível submicro, que explora o comportamento das substâncias e por último para o nível representacional. Após estudar todos os níveis progressivamente é necessário relacioná-los, para que a aprendizagem da química aconteça verdadeiramente (JOHNSTONE, 2000).

Para Gabel (1993), também é considerado importante se tratar dos três níveis de representação. Ele enfatiza que abordar a natureza particulada da matéria colaboraria com os estudantes na formação de conexões entre os três níveis. Os autores Papageorgiou e Johnson (2005), acreditam que as ideias de partículas colaboram na compreensão dos estudantes sobre os fenômenos que ocorrem nas transformações da matéria.

A visão dos três níveis de representação da química (macro, submicro e simbólico) já sofreu adaptações e reinterpretações por vários autores, com base nisso, Talanquer (2011) em seu estudo sobre as diferentes faces da química “tripleto” mostra que os autores possuem uma visão diferente em relação aos níveis de representação. No entanto, o autor acredita que essas reformulações não prejudicam a ideia do triângulo, mas sim, reforçam a importância de refletir sobre os desafios do processo de ensino e aprendizagem da química.

De acordo com Taber (2013), muitos estudantes só conseguem entender o nível macroscópico quando apresentados os modelos teóricos submicroscópicos. Nessa perspectiva, Taber (2009), trata a respeito do nível simbólico no ensino e aprendizagem da química a fim de facilitar a representação e comunicação de conceitos. Dessa forma, o nível simbólico é um mediador entre os níveis macroscópico e submicroscópico com a finalidade de reforçar a compreensão dos estudantes. Sendo assim, os educadores de química ainda precisam percorrer um longo caminho para se chegar a uma melhor compreensão dos conceitos químicos pelos estudantes (GABEL, 1993).

5 METODOLOGIA E RESULTADOS

Os resultados serão exibidos na forma de um manuscrito intitulado: “O processo da Quadrangulação: uma nova perspectiva metodológica no Ensino de Ciências.” O trabalho apresenta o método da Quadrangulação no estudo das transformações físicas e químicas da matéria no Ensino de Ciências.

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola pública localizada na cidade de Santa Maria/RS, com uma turma de 1º ano do Ensino Médio Normal/Magistério, composta por 8 estudantes, dentre eles, cinco declararam ser do sexo feminino e três do sexo masculino. A faixa etária dos estudantes variou entre 15 e 17 anos de idade.

Para a realização das atividades, foram disponibilizados os dois períodos de química (45 min cada) nas terças-feiras, com o consentimento da direção e da professora responsável pela turma. No entanto, em virtude das paralisações na rede pública de ensino, algumas das intervenções ocorreram nas quartas-feiras, e nesses dias a turma tinha dois períodos de química (30 min cada). Com isso, totalizaram-se 24 períodos de atividades com os estudantes, em 12 dias, no decorrer de 10 semanas.

A pesquisa desenvolvida foi um estudo transversal (FILHO, 1998), a partir de uma abordagem qualitativa do tipo exploratória e explicativa (MOREIRA, 2011). Foram utilizados questionários como instrumentos de pesquisa (APÊNDICE I). As atividades foram desenvolvidas da seguinte forma: a) Aplicação do questionário pré-teste com perguntas abertas, b) Aula expositiva, c) Construção do material didático pelos estudantes, d) Aplicação do questionário pós-teste.

Aspectos Éticos: Os estudantes foram convidados a participar das atividades através de explicações sobre a pesquisa pela professora responsável pela turma e em seguida, pelo pesquisador da pesquisa. Os estudantes tiveram o direito de optar pela participação no estudo e foram informados de que poderiam retirar-se do projeto quando desejassem.

A atuação dos participantes pretende trazer benefícios para a formação profissional e pessoal dos estudantes, como a oportunidade de desenvolver atividades diferenciadas no estudo da química e elaboração de material didático. A presente pesquisa, propicia riscos mínimos aos estudantes, porventura fadiga/cansaço no preenchimento dos questionários e na construção do material didático.

Os estudantes durante a pesquisa tiveram a possibilidade de tirar dúvidas ou qualquer tipo de esclarecimentos com o pesquisador. Os dados coletados ficarão sob responsabilidade

dos pesquisadores e serão utilizados para fins científicos sem a identificação dos sujeitos, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação, proporcionando o anonimato dos participantes.

6.1 MANUSCRITO I – SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

O processo da Quadrangulação: uma nova perspectiva metodológica no Ensino de Ciências

The Quadrangulation process: a new methodological perspective in Science Teaching

Resumo:

O referente trabalho tem como finalidade avaliar a eficiência do método caracterizado como Quadrangulação no ensino de ciências, por meio do desenvolvimento de material didático com base no estudo das transformações físicas e químicas que ocorrem na matéria. As atividades ocorreram através de encontros semanais com 8 estudantes do 1º ano do ensino médio (magistério) durante 10 semanas (com idades entre 15 e 17 anos). Foi utilizado questionário como instrumento de pesquisa. Com base na análise de dados, percebeu-se que o método da quadrangulação pode auxiliar e colaborar com o ensino e aprendizagem dos estudantes no estudo das transformações da matéria, o que representa um avanço para a melhoria do Ensino de Ciências nas escolas.

Palavras-chave: Ensino de Química; Material Didático; Matéria; Fenômeno Físico; Fenômeno Químico; Ensino-aprendizagem.

Abstract:

The purpose of this work is to evaluate the efficiency of a method characterized as Quadrangulation in science education, through the development of educative materials based on the study of the physical and chemical transformations that occur in matter. The activities were carried out with 8 students from the 1st year high school students in of 10 weeks (aged between 15 and 17 years), and a questionnaire was used as the research tool. Based on the outcome of the data analysis, it was realized that the quadrangulation method could aid the teaching and learning of students in the area of the transformation of matter, which represents an approach for the improvement of teaching science in schools.

Keywords: *Chemistry Teaching; Course materials; Matter; Physical Phenomenon; Chemical Phenomenon; Teaching-learning.*

Introdução

No início do século XXI, o ensino e a aprendizagem da Química sofreram várias mudanças. Dentre elas, a busca pela compreensão de como os estudantes aprendem e como isso interfere na aprendizagem, o uso de tecnologias na compreensão de fenômenos científicos, aparecimento de preocupações ambientais, nível de alfabetização da Química e o entendimento da ciência (Mahaffy, 2004).

Neste sentido, para facilitar a compreensão da química pelos estudantes várias formas de representações surgiram. A figura geométrica mais usada pelos professores de química na última década é o triângulo planar. Seus vértices são utilizados para representar os três níveis de aprendizagem da química (macroscópico, submicroscópico ou molecular e simbólico) (Mahaffy, 2004; Talanquer, 2011; Taber, 2013).

Este modelo de representação foi proposto inicialmente pelo professor e pesquisador Johnstone em (1982). O autor Alex H. Johnstone refletiu sobre a natureza do currículo de química, e posteriormente em suas publicações (1989, 1991, 2000), representou os três níveis de representação da química em forma de triângulo, que ficou conhecido como Triangulação. Segundo Taber (2013), ele acreditava que o estudo da química devia estar atrelado às pesquisas psicológicas a respeito de como acontece o processo de aprendizagem.

O uso dos três níveis de representação (macro, submicro e simbólico) possui como finalidade representar os conhecimentos químicos e serve como suporte à pesquisa em educação química (Talanquer, 2011). O “trípelo” da química recentemente vem sendo alvo de diversas propostas de apresentações, mostrando que não há uma forma exata de representação (Taber, 2013).

Os estudos de Johnstone (1991), Gabel (1992, 1993) foram muito importantes no reconhecimento desses três níveis de representação. No entanto, ao mesmo tempo que o trio da química colabora com a pesquisa em educação, traz consigo ainda algumas dificuldades de compreensão e confusões pelos estudantes (Talanquer, 2011; Taber, 2013).

O estudo de Driver (1989), mostra que as compreensões dos estudantes são incoerentes em comparação com as concepções científicas. Conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1978), essas concepções são vistas como “concepções alternativas”. A interpretação das concepções alternativas sugere que os estudantes desenvolvem perspectivas diferentes das concepções mais próximas do saber científico, as quais se almeja chegar (Garnett, Patrick. J, Garnett, Pamela. J, & Hackling, 1995).

Os estudantes possuem um pensamento de que para se chegar ao conhecimento científico deve haver substituição de uma teoria anterior por uma nova teoria (Driver, 1989). Segundo Pozo e Crespo (2009), a mudança conceitual não deve ser considerada como uma substituição de significados aprendidos, mas sim, um processo gradativo de adaptação de significados conceituais.

Diante disso, é importante que os professores e pesquisadores busquem conhecer os equívocos que os estudantes possuem, para que elaborem estratégias de ensino-aprendizagem que colabore com o aperfeiçoamento conceitual dos mesmos (Pozo e Crespo, 2009). Neste contexto, várias pesquisas relatam as concepções de estudantes a respeito dos conceitos e fenômenos que ocorrem na química (Stavridou e Solomonidou, 1989). Destacam-se os estudos de Björn (1990), Nakhleh (1992), entre outros.

Um dos problemas que levam os estudantes a não entenderem os conceitos e fenômenos que ocorrem na química é que eles confundem ligações intermoleculares e ligações intramoleculares. Além disso, não sabem a importância das forças de Van-der-Waals e ligações de hidrogênio e em geral não entendem o significado de seus próprios conceitos (Levy-Nahum, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Bar-Dov, 2004).

Neste âmbito, existem muitas pesquisas que relatam os equívocos dos estudantes e suas dificuldades no entendimento de conceitos essenciais para a compreensão da química. Segundo Nahum et al. (2004), existem vários fatores que levam a esses equívocos, tais como: o uso de modelos, a relação entre as representações internas e externas dos estudantes,

conceitos e concepções alternativas, e o vínculo químico: pedagogia, conceituação e equívocos.

De acordo com Nahum et al. (2004), os estudantes vivem no mundo macroscópico da matéria e não questionam a respeito da química do cotidiano. Mesmo que os conceitos químicos sejam abstratos e de difícil compreensão, a maneira como os conceitos são ensinados pelos professores é de extrema importância para que os estudantes compreendam os conceitos químicos.

Na química, as propriedades das substâncias e suas reações são importantes. As substâncias são entendidas em termos de agregações de partículas, e a natureza da ligação entre essas partículas é usada para esclarecer propriedades físicas e químicas das substâncias. Desse modo, constata-se a uma dada temperatura e pressão que a substância está no estado líquido, sólido ou gasoso (Levy-Nahum et al., 2004).

As representações macroscópicas, submicroscópicas e simbólicas possuem um papel muito importante para desenvolver associações metacognitivas na compreensão da química. É possível fazer novas percepções do entendimento da química em níveis macroscópicos, na verificação de alterações de cor, entalpia, e entre outros. Em níveis molecular, atômico e / ou subatômico nas ligações e interações químicas e representá-los através de símbolos. A conexão desses três níveis de representação ajuda a alcançar a compreensão conceitual dos fenômenos físicos e químicos (Thomas, 2017). Segue a (Figura 1) abaixo:

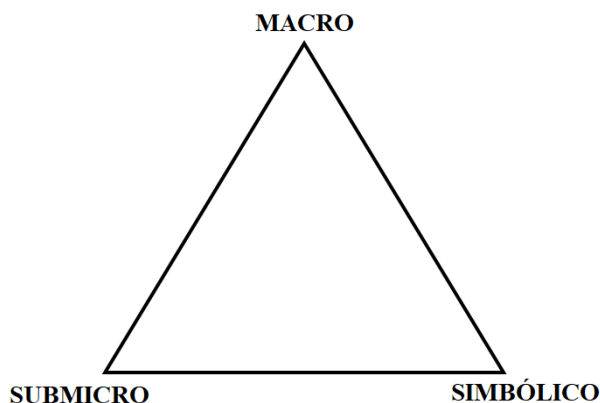


Figura 1: Os três níveis de representação no ensino da química. Adaptado de (Johnstone, 1991, p. 78).

Com o propósito de que os alunos entendam a química que é ensinada, alguns professores utilizam os modelos científicos como estratégias de ensino (Harrison e Treagust, 1998). A utilização de modelos didáticos compreende uma visualização em três dimensões acerca do que se pretende representar, como isso facilita o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes em diferentes níveis de ensino (Matos, Oliveira, Santos, & Ferraz, 2009). Segundo Mendonça e Santos (2011), os modelos didáticos se caracterizam como uma forma lúdica de aprendizagem, que permite os estudantes refletirem e produzirem novos conhecimentos a respeito do que está sendo estudado.

Pensando nisso, esta pesquisa tem como finalidade analisar as contribuições do método da Quadrangulação para o ensino de transformações físicas e químicas da matéria que propõe um novo nível de representação, denominado por “nível das características”. Com o intuito de que os estudantes tenham a oportunidade de relacionar seus conhecimentos do dia a dia com o

conhecimento científico. Visto que, ao relacionar os conhecimentos cotidianos que os estudantes já possuem com conhecimento científico, é possível chegar à mudança conceitual (Pozo e Crespo, 2009). Dessa forma, os quatro níveis de representação foram caracterizados como o processo da Quadrangulação.

QUADRANGULAÇÃO é o processo mental consciente que se dedica a relacionar e conectar quatro tipos de representação referente a fenômenos físicos e químicos, para o desenvolvimento da compreensão do estudo da química (JORAS, 2020). A seguir, observe a Figura 2:

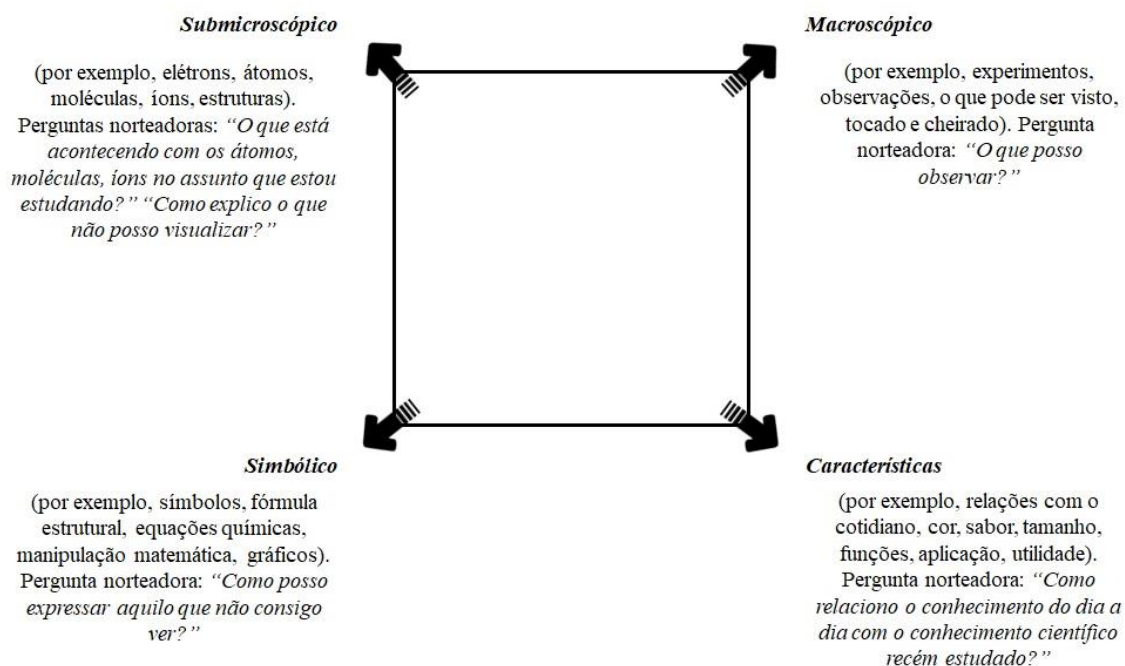


Figura 2: Os quatro níveis de representação no ensino da química. Adaptado de (Thomas, 2017, p. 40).

Nesta perspectiva, a presente pesquisa tem como finalidade responder a seguinte interrogação: Quais contribuições o método da Quadrangulação pode proporcionar para o estudo das transformações físicas e químicas no Ensino de Ciências? Se isso for possível, a Quadrangulação pode colaborar com as aulas de Ciências da Natureza, incentivando os estudantes a pensarem criticamente, exercitando a autorreflexão e a busca por respostas?

Metodologia

Este estudo apresenta uma nova proposta metodológica, caracterizada como Quadrangulação. Além de apresentar os três níveis de representação (macro, submicro e simbólico) proposto por Johnstone (1991, 2000), estabelece o quarto nível de representação designado por “nível das características”.

A pesquisa foi realizada em uma escola pública localizada na cidade de Santa Maria/RS, com uma turma de 1º ano do Ensino Médio Normal/Magistério, composta por 8 estudantes. Desses estudantes, cinco indicaram ser do sexo feminino e três do sexo masculino. A faixa etária dos estudantes variou entre 15 e 17 anos de idade.

Os sujeitos da pesquisa foram escolhidos devido aos seguintes fatores: por estarem matriculados no 1º ano do ensino médio no qual é trabalhado o conteúdo de transformações físicas e químicas da matéria. Por serem do magistério apresentam maior flexibilidade de horários e de conteúdo a ser trabalhado, podendo-se dar ênfase a assuntos mais específicos de acordo com a necessidade da turma. Além disso, esses estudantes pretendem ser professores e esta é uma oportunidade para que eles possam aprender mais sobre o assunto e futuramente trabalhar com seus alunos.

Os estudantes foram convidados a participar do estudo por meio de esclarecimentos sobre a pesquisa pela professora titular da turma e posteriormente receberam explicações pelo pesquisador da pesquisa. Além disso, os mesmos tiveram o direito de optar se queriam participar da pesquisa.

A atuação dos participantes na pesquisa poderá trazer benefícios para a formação profissional e pessoal dos estudantes, como a oportunidade de desenvolver atividades diferenciadas no estudo da química e elaboração de material didático. A presente pesquisa, propicia riscos mínimos aos estudantes, porventura fadiga/cansaço no preenchimento dos questionários e na construção do material didático. Caso isso acontecesse, o participante poderia retirar sua participação do projeto quando desejasse, sem danos.

Além do mais, os estudantes durante a pesquisa tiveram a possibilidade de tirar dúvidas ou qualquer tipo de esclarecimentos com o pesquisador. Os dados coletados ficarão sob responsabilidade dos pesquisadores e serão utilizados para fins científicos sem a identificação dos sujeitos, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação, proporcionando o anonimato dos participantes.

A presente pesquisa foi um estudo transversal (Filho, 1998) e teve uma abordagem qualitativa do tipo exploratória e explicativa (Moreira, 2011). Foram utilizados questionários como instrumentos de pesquisa. Dessa maneira, os dados foram obtidos por meio da aplicação de um questionário pré-teste com perguntas abertas, aula expositiva, construção do material didático, e aplicação do questionário pós-teste. A seguir passo a passo do que foi solicitado aos estudantes:

1º Etapa – Aplicação do Questionário Pré-Teste:

Neste questionário foi disponibilizado um texto de apoio intitulado “Propriedades da Matéria”, o qual tratava sobre as características físicas e químicas da matéria. Com a finalidade de que os estudantes pudessem ler antes de iniciar as questões, como uma forma de oferecer suporte para que eles compreendessem o assunto a ser abordado. O texto de apoio foi retirado do livro da autora Marta Reis Fonseca, o qual é muito utilizado no Ensino Médio (Fonseca, 2013).

Os estudantes receberam o questionário pré-teste para responder em sala de aula no terceiro encontro com a turma. No entanto, foi necessário a utilização de mais uma aula para que eles terminassem de solucionar as questões. Assim, os questionários foram recolhidos pelo pesquisador e entregues no encontro seguinte. A seguir as questões do questionário aplicado para os estudantes no início das atividades. De acordo com a Figura 3:

Questão 1	O açúcar se dissolve melhor em água quente ou em água gelada? (Após responder esta questão, represente o que está acontecendo em níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).
Questão 2	Agora, ao invés de adicionar açúcar na água, adicione sal à temperatura de 100 °C. (Não se esqueça de responder de acordo com os níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).
Questão 3	Como acontece o processo de ferrugem? (Represente de acordo com os níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).

Figura 3: Questões propostas para os estudantes do Ensino Médio (magistério) a respeito de fenômenos cotidianos.

Foi solicitado que no nível macroscópico os estudantes descrevessem o que estavam observando visualmente (que se percebe pelo tato, corresponde ao concreto e mensurável), no nível submicroscópico (os íons, as moléculas, estruturas, etc.) para explicar o fenômeno, no nível simbólico foram aconselhados a representar o que estavam entendendo através de símbolos, desenhos, etc. E por último, o nível das características, onde os estudantes podiam explicar de maneira geral os seus conhecimentos cotidianos associando com o conhecimento científico. Dessa forma, ao criarem conexões entre os conhecimentos cotidianos com os conhecimentos químicos supõem-se que os estudantes comecem a entender a importância que a química tem no dia a dia.

Ainda, abaixo de cada nível de representação (macro, submicro, simbólico e características), foi solicitado que os estudantes colocassem que fenômeno ocorre (físico, químico ou físico-químico) em cada nível.

A seguir está representado os quatro níveis de representação (Quadrangulação) no ensino da química. Seguidamente, a (Figura 4), foi confeccionada pela autora da pesquisa e incluída no questionário, para auxiliar os estudantes a responderem as questões propostas. Com isso, abaixo de cada uma das três questões continha esta imagem para facilitar a compreensão e organização dos estudantes.

Espera-se que os estudantes classifiquem os fenômenos da matéria da seguinte maneira: Em relação ao nível macroscópico, ocorre um “*fenômeno físico*”. Pois é possível analisar o que está acontecendo visualmente. Em nível submicroscópico (íons, moléculas, estruturas, etc.), ocorre um “*fenômeno químico*”, pois explica aquilo que não podemos ver. Em relação ao nível simbólico, vai depender da representação do estudante, e por último o nível das características “*fenômeno físico-químico*”, pois refere-se aos conhecimentos cotidianos associados com os conhecimentos científicos. Neste caso, engloba todos os outros níveis (macro, submicro e simbólico). Observe a (Figura 4) a seguir:

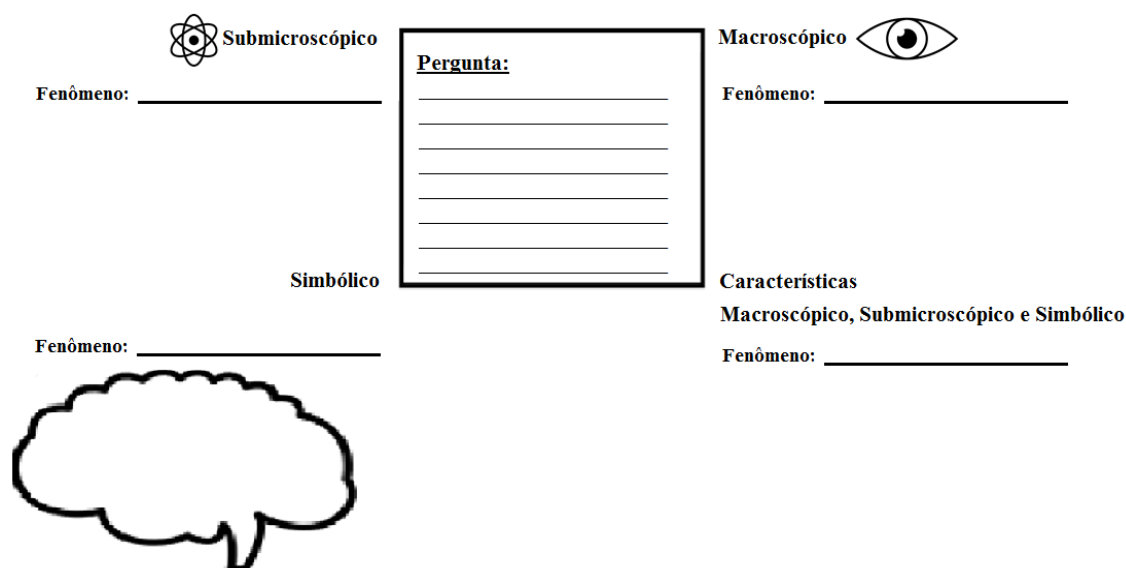


Figura 4: O processo da Quadrangulação no ensino da química. Adaptado de (Thomas, 2017, p. 23).

2º Etapa – Aula expositiva:

No primeiro encontro com a turma, foi apresentado a proposta das atividades a serem realizadas, e na semana seguinte investigou-se os conhecimentos dos estudantes a respeito da Matéria que compõe o ambiente em que vivemos.

Após, foi realizada uma aula expositiva sobre as três questões a serem trabalhadas e no encontro seguinte iniciou-se a confecção do material didático pelos estudantes.

Nesta aula, foram abordados os seguintes temas: água como solvente universal, coeficiente de solubilidade, dissolução das substâncias, interação entre átomos, interação entre moléculas, solvatação, e o processo da formação da ferrugem.

Os respectivos temas, foram explicitados por meio da utilização do quadro verde da sala de aula, e antes de iniciar a construção do material didático acerca de cada questão era feita uma retomada desses conteúdos.

3º Etapa – Atividade Didática:

Construção do material didático: Iniciou-se a confecção do material didático pelos estudantes três semanas após a aplicação do questionário pré-teste. As atividades foram realizadas somente com uma turma da escola, sendo esta de Ensino Médio Normal/Magistério 1º ano. O Ensino Médio Regular, possui uma grade curricular extensa e por esse motivo, não foi possível realizar as atividades com as demais turmas da escola.

Materiais utilizados: Capas transparentes de CDs usados, bolinhas de isopor, miçangas coloridas, caneta para CD, canudos de aniversário, garrafa plástica pequena, palito de churrasco, linha de pesca transparente e cola quente.

Procedimento: Para a realização das atividades, foram disponibilizados os dois períodos de química (45 min cada) nas terças-feiras, com o consentimento da direção e da professora responsável pela turma. No entanto, em virtude das paralisações na rede pública de ensino, algumas das intervenções ocorreram nas quartas-feiras, e nesses dias a turma tinha dois períodos de química (30 min cada). A seguir, o cronograma com as datas e atividades

realizadas com os estudantes (Figura 5). Com isso, totalizaram-se 24 períodos de atividades com os estudantes, em 12 dias, no decorrer de 10 semanas.

Data	Atividades desenvolvidas
02/10/2018. Terça	Apresentação da proposta das atividades para a turma
09/10/2018. Terça	Investigação dos conhecimentos dos estudantes em relação a Matéria que constitui o ambiente em que vivemos
16/10/2018. Terça	Aplicação do questionário pré-teste
23/10/2018. Terça	Continuação da aplicação do questionário pré-teste
30/10/2018. Terça	Paralisação da escola
06/11/2018. Terça	Aula expositiva
14/11/2018. Quarta	Explicações sobre a construção do material didático
21/11/2018. Quarta	Início da construção do material didático acerca da questão do sal
28/11/2018. Quarta	Finalização do material didático sobre a questão do sal
05/12/2018. Quarta	Início da construção do material didático acerca da questão do açúcar
12/12/2018. Quarta	Finalização do material didático sobre a questão do açúcar. E construção do material a respeito da questão da ferrugem
18/12/2018. Terça	Aplicação do questionário pós-teste
Término do ano letivo 2018	

Figura 5: Cronograma das atividades desenvolvidas com os estudantes do Ensino Médio.

Na aula em que foram feitas as explicações sobre a construção do material didático, foi levado para os estudantes um modelo confeccionado pelo pesquisador a respeito da (Questão 2) do questionário, sobre o que acontece se adicionar sal na água à temperatura de 100 °C (Figura 6). Isto foi feito, para que eles entendessem a proposta das atividades e a partir disso pensassem em como iriam fazer seus próprios modelos.

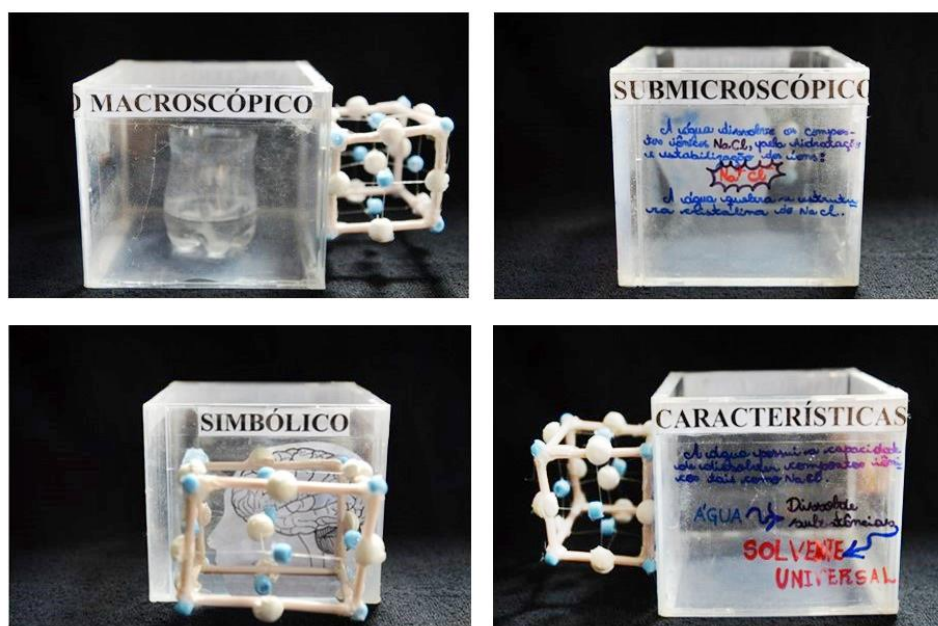


Figura 6: Exemplo dos quatro níveis de representação acerca da questão do sal desenvolvido pela autora.

Foi confeccionado pelos estudantes um material diferenciado feito com utensílio reciclado pensando nas questões ambientais e de baixo custo para futuros professores que optarem por aplicar essa atividade. O objetivo era que os estudantes entendessem cientificamente como acontecem alguns fenômenos simples do cotidiano.

Os estudantes foram convidados a formarem dois grupos. Após, construírem o quadrado formado por capas transparentes de CDs, foi proposto que escrevessem seus conhecimentos científicos oriundos da explicação do pesquisador no entorno do quadrado. No nível simbólico cada grupo podia representar como achavam melhor, dessa forma não haviam regras, eles podiam expressar através de desenhos, podiam usar as miçangas e todo o material oferecido.

A intenção era que os estudantes fossem construindo seus novos conhecimentos no momento em que estavam pensando e confeccionando o modelo didático. Cada grupo construiu um modelo a respeito da questão do açúcar, e também com relação a questão do sal. No entanto, na última aula devido ao tempo, todos os estudantes se reuniram para construir o modelo didático sobre a questão da ferrugem.

4ª Etapa – Aplicação do Questionário Pós-Teste:

Após a finalização das atividades, os estudantes responderam ao questionário pós-teste, que serviu para avaliar se o modelo da Quadrangulação colaborava para a compreensão dos conceitos pelos estudantes a respeito dos fenômenos físicos e químicos que ocorrem na matéria. O questionário pós-teste foi aplicado uma semana após a finalização das atividades com os estudantes, em virtude da finalização do ano letivo.

5ª Etapa – Análise dos Dados:

Os dados foram organizados em uma planilha com o auxílio do programa Microsoft Word 2010. Com as respostas completas dos estudantes, acerca dos quatro níveis da Quadrangulação levando em consideração as três questões propostas (o que acontece ao adicionar açúcar na água, ao adicionar sal na água e o processo da ferrugem).

Contudo, para a apresentação dos dados no manuscrito, optou-se por relatar as respostas dos estudantes de acordo com cada questão, a fim de verificar a eficiência do método da Quadrangulação. Os estudantes foram identificados como A1, A2, A3, e assim por diante.

Resultados e Discussão

Nesta seção serão apresentados e discutidos os principais resultados deste estudo. Com base nos dados encontrados, através dos instrumentos de pesquisa (questionários) e a confecção do material didático, buscou-se investigar e refletir sobre o método da Quadrangulação no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes a respeito do tema “transformações físicas e químicas que ocorrem na matéria”.

Na sequência apresenta-se uma análise detalhada, com exemplos de respostas para as respectivas questões com base na revisão da literatura. Além disso, é importante destacar que

alguns estudantes só colocaram o fenômeno nas respostas do questionário da Quadrangulação, exemplo (físico, químico, físico-químico) e não explicaram o que estava acontecendo.

Demais estudantes explicaram as situações ocorrentes, porém não mencionaram o fenômeno (físico, químico, físico-químico) nesse caso, receberam a descrição de “*não colocou o fenômeno*”. A seguir as respostas dos estudantes no questionário da Quadrangulação (pré e pós-teste) com base nas três questões propostas (Questão 1: o que acontece se adicionar açúcar na água, Questão 2: adicionar sal na água, Questão 3: como acontece o processo da ferrugem?).

Questão 1. O açúcar se dissolve melhor em água quente ou em água gelada? (Após responder esta questão, represente o que está acontecendo em níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).

O estudante (A1), respondeu no questionário pré e pós-teste que em nível macroscópico ocorre um “*fenômeno físico*”, pois é possível observar o açúcar sendo dissolvido na água. Em relação ao nível submicroscópico, o estudante respondeu no (pré e pós-teste) que ocorre um “*fenômeno químico*”. No entanto, no pré-teste, ele afirmou que a sacarose irá se dissolver formando íons. Neste caso, o estudante entende que ocorre a dissolução do açúcar em água, porém conclui afirmando que ocorre a formação de íons.

No questionário pós-teste o estudante (A1) descreveu o seguinte: “*Os átomos de água (H_2O), interagem com a sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) fazendo a dissolução*”. De acordo com Silva (2012), o açúcar (sacarose - $C_{12}H_{22}O_{11}$) é um composto molecular que é separado do solvente (água) no processo de dissolução, diante disso, não ocorre formação de íons.

Quanto ao nível das características o estudante mencionou no questionário (pré-teste) que ocorre um “*fenômeno físico-químico*”, e que a água é um solvente universal. Por conseguinte, no pós-teste, ele “*não colocou o fenômeno*”, mas abordou a seguinte explicação: “*A sacarose tem grande parte apolar e suas extremidades polares, formadas por vários (OH) formando pontes de hidrogênio*”.

Conforme Martins (2013), a sacarose possui um conjunto de moléculas que estão unidas devido as ligações de hidrogênios. Em contato com a água, as moléculas de sacarose criam novas ligações de hidrogênios (soluto-solvente), eliminando ligações com demais moléculas de sacarose. O processo de solubilidade ocorre devido as ligações de hidrogênios entre a sacarose (soluto) e a água (solvente). Dessa forma, ocorre a dissolução da sacarose em água e como produto origina-se uma solução. Portanto, a explicação do estudante pode ser considerada adequada.

Por último, no nível simbólico, o estudante afirmou no (pré-teste) que ocorre um “*fenômeno físico*”. Posteriormente, no questionário pós-teste, ele respondeu que ocorre um “*fenômeno químico*” e representou a fórmula estrutural da sacarose. Dessa forma, pode-se perceber que no pré-teste, o estudante representou o que estava constatando visualmente e no pós-teste ele conseguiu representar o nível simbólico de acordo com seus conhecimentos a respeito do nível submicroscópico.

O estudante (A2), respondeu no questionário pré e pós-teste que em nível macroscópico ocorre um “*fenômeno físico*”. Em nível submicroscópico, ele relatou no (pré e pós-teste) que ocorre um “*fenômeno químico*”. Quanto ao nível das características, no pré-teste, o estudante “*não colocou o fenômeno*” e mencionou que o açúcar se mistura em água, pois ela é um

solvente universal. No pós-teste, ele respondeu que ocorre um “*fenômeno físico-químico*”. E fez o seguinte comentário: “*Ambos se misturam sem quebrar os átomos. Fica mais densa*”.

De acordo com a colocação do estudante (A2), pode-se observar que o mesmo ainda apresenta equívocos quanto a explicação da adição de açúcar em água. Visto que os átomos não são quebrados, mas sim, ocorre a interação entre as moléculas de sacarose e água, devido as ligações de hidrogênios (MARTINS, 2013, p. 1).

No entanto, em relação a densidade, sua resposta foi adequada, mesmo que isto não tenha sido tratado nas atividades desenvolvidas, uma vez que a densidade da solução de sacarose é superior à da água, logo a mistura ficará mais densa. A respeito do nível simbólico, no (pré-teste) o estudante classificou como um “*fenômeno físico*” e no pós-teste, como “*fenômeno físico-químico*” e mencionou novamente que a água fica mais densa.

O estudante (A3), declarou no questionário (pré e pós-teste) que em nível macroscópico ocorre um “*fenômeno físico*”. Em nível submicroscópico, respondeu “*fenômeno químico*”, em ambos questionários. Entretanto, no questionário pós-teste o estudante representou a fórmula da sacarose. Com base no nível das características, mencionou no (pré-teste) que ocorre um “*fenômeno físico-químico*” e no pós-teste, “*fenômeno químico*” e descreveu o seguinte: “*Sacarose: Maior parte apolar, uma extremidade polar, o grupo (OH), vários (OH), pontes de hidrogênio*”. Corroborando com a explicação apresentada pela autora Martins (2013). Por fim, no nível simbólico, o estudante respondeu no pré-teste que acontece um “*fenômeno físico-químico*” e no pós-teste “*fenômeno químico*”.

O estudante (A4), afirmou no (pré-teste) que em nível macroscópico ocorre um “*fenômeno físico*”. No pós-teste ele “*não colocou o fenômeno*”. Em nível submicroscópico, respondeu “*fenômeno químico*” no (pré-teste) e “*fenômeno físico-químico*” no pós-teste. Quanto ao nível das características, respondeu “*fenômeno físico-químico*” no (pré-teste) e mencionou que a água é um solvente universal. No pós-teste, o estudante citou “*submicroscópico*” e relatou que o açúcar se dissolve melhor na água quente. Por último, no nível simbólico, o estudante “*não colocou o fenômeno*” no questionário pré-teste. Em comparação, no pós-teste respondeu “*fenômeno físico-químico*”, e além disso, mencionou a fórmula da sacarose.

O estudante (A5), respondeu que em nível macroscópico ocorre um “*fenômeno físico*” no pré e pós-teste. Em nível submicroscópico, respondeu “*fenômeno químico*” no pré e pós-teste. Ademais, no nível das características “*fenômeno físico-químico*” no pré e pós-teste. Por fim, no nível simbólico, “*não colocou o fenômeno*” no (pré-teste) e “*fenômeno físico-químico*” no pós-teste. Além do mais, no pós-teste o estudante citou a fórmula da sacarose.

O estudante (A6), afirmou que em nível macroscópico ocorre um “*fenômeno físico*” no pré e pós-teste. Em nível submicroscópico, “*fenômeno químico*” no pré e pós-teste. No entanto, no pós-teste o estudante mencionou a fórmula da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$). A respeito do nível das características, no pré-teste o estudante “*não respondeu ou não sabe*” e no pós-teste respondeu “*fenômeno químico*” e descreveu o seguinte: “*Sacarose: grande parte apolar e uma extremidade polar, o grupo OH \rightarrow vários hidrogênios fazendo a dissolução*”.

Com relação ao nível simbólico, ele tratou “*fenômeno físico-químico*” no (pré-teste) e “*fenômeno químico*” no pós-teste.

O estudante (A7), respondeu que em nível macroscópico ocorre um “*fenômeno físico*” no (pré-teste) e “*fenômeno químico*” no pós-teste. Dessa maneira, percebe-se que houve uma confusão na classificação do fenômeno pelo estudante, pois esperava-se que respondesse da mesma forma “*fenômeno físico*” no pós-teste. No nível submicroscópico, relatou “*fenômeno químico*” no pré e pós-teste. Já no nível das características, respondeu “*fenômeno físico-*

químico” no (pré-teste) e *“fenômeno químico”* no pós-teste. Por fim, no nível simbólico, mencionou *“fenômeno físico-químico”* no (pré-teste) e *“fenômeno químico”* no pós-teste.

O estudante (A8), informou que em nível macroscópico ocorre um *“fenômeno físico”* no (pré-teste) e *“fenômeno químico”* no pós-teste. No entanto, espera-se que o estudante mantivesse a classificação de *“fenômeno físico”* no pós-teste. No nível submicroscópico, respondeu *“fenômeno físico-químico”* no (pré-teste) e *“fenômeno químico”* no pós-teste. Quanto ao nível das características, relatou *“submicroscópico”* no (pré-teste) e *“fenômeno físico-químico”* no pós-teste. Além disso, descreveu o seguinte comentário:

“O açúcar é a união da glicose e da frutose. Ocorre uma interação entre as moléculas da água com as moléculas junto da glicose como da frutose. Porém as moléculas de água não conseguem quebrá-las. Por causa do carbono que é apolar e a água polar, e apolar com polar não fazem ligação”. (A8)

De acordo com a explicação do estudante, entende-se que ele compreendeu que devido a interação entre as moléculas de sacarose e água ocorre o processo de dissolução. Por fim, no nível simbólico, colocou *“fenômeno físico”* no (pré-teste) e *“fenômeno químico”* no pós-teste e representou a fórmula estrutural da sacarose (indicando a molécula de glicose e de frutose). De acordo com Ribeiro e Seravalli (2007), a sacarose se dá através da união de uma molécula de glicose com uma molécula de frutose. Desta forma, a explicação do estudante é verdadeira.

Questão 2. Agora, ao invés de adicionar açúcar na água, adicione sal à temperatura de 100 °C. (Não se esqueça de responder de acordo com os níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).

O estudante (A1), respondeu no questionário pré e pós-teste que em nível macroscópico ocorre um *“fenômeno físico”*. Quanto ao nível submicroscópico, o estudante relatou no (pré e pós-teste) que ocorre um *“fenômeno químico”* e descreveu a seguinte explicação no (pré-teste): *“O Na⁺ Cl⁻ irá se dissolver na água. O sódio fará ligações com o oxigênio e deixando a água branca”*.

De acordo com Atkins e Jones (2012), um íon é um átomo ou um conjunto de átomos que contém carga positiva ou negativa. Segundo Fonseca (2013), o cloreto de sódio em contato com a água libera íons na forma de cátion Na⁺ e do ânion Cl⁻.

O cloreto de sódio (NaCl), é conhecido popularmente como sal de cozinha (Carnevalle, 2012). Neste caso, “o cloreto de sódio (substância polar) em contato com a água, tem seu polo negativo (Cl⁻) atraído pelo polo positivo da água (H⁺). E o polo positivo do sal (Na⁺), atraído pelo polo negativo da água (OH⁻)” (Gewandsznajder, 2012, p.82). Resultando em uma dissociação iônica, assim a água interage com estes íons e promove a separação, este processo é conhecido como solvatação (Silva, 2004). Com base nisso, o estudante (A1), apresenta alguns equívocos em relação ao processo de dissolução do sal na água, pois acredita que o sódio ao fazer ligações com o oxigênio é o responsável pela alteração de cor.

Sucessivamente no questionário pós-teste, o estudante relatou o seguinte: *“O sal é uma rede cristalina, quando adicionamos água, a rede cristalina começa a ser dissolvida pelo oxigênio e hidrogênio”*. De acordo com Wikibooks (2013), os íons se organizam por meio de uma rede onde cada íon é rodeado por íons opostos. Tendo como exemplo, a reação de Na (sódio) e Cl (cloro), onde cada átomo de Cl recolhe um elétron de um átomo de Na. Desse modo, cada átomo de Na se torna um cátion Na⁺ e cada átomo de Cl se torna um ânion Cl⁻. Em

virtude da oposição de cargas, os átomos se atraem para construir uma rede iônica, consequentemente a sua fórmula química da rede é o NaCl (cloreto de sódio).

Sendo assim, é possível perceber que o estudante respondeu à questão de acordo com o que foi visto em aula, porém ele ainda apresenta equívocos em relação aos processos de solubilidade e interações químicas.

No nível das características, o estudante respondeu no questionário pré e pós-teste que ocorre um *“fenômeno físico-químico”*. No entanto, no pós-teste, o estudante declarou que a água é um solvente universal e que quando ela entra em contato com o sal começa a dissolvê-lo. No nível simbólico, o estudante representou no (pré-teste) o que visualmente considerava importante na questão do açúcar e declarou que ocorre um *“fenômeno físico”*. Já no questionário pós-teste, ele pensou em nível submicroscópico e respondeu que ocorre um *“fenômeno químico”*, e além disso, representou as interações que ocorrem entre o cloreto de sódio e a água.

O estudante (A2), respondeu no (pré e pós-teste) que em nível macroscópico ocorre um *“fenômeno físico”*. No nível submicroscópico, o estudante respondeu no (pré e pós-teste) que ocorre um *“fenômeno químico”*. No pós-teste o estudante descreveu a seguinte frase: *“O sal se mistura com a água deixando ela branca. Os átomos de sal não se misturam totalmente com a água”*. Com base em sua explicação, o estudante não levou em consideração a concentração de soluto (sal) dissolvido no solvente (água) para ocorrer o processo da dissolução. Tanto no nível das características quanto no nível simbólico o estudante relatou que ocorre um *“fenômeno físico-químico”*, no questionário pré e pós-teste.

O estudante (A3), declarou no (pré e pós-teste) que em nível macroscópico ocorre um *“fenômeno físico”*. Em nível submicroscópico, respondeu *“fenômeno químico”*, em ambos questionários e inseriu a fórmula química do (NaCl). De acordo com o nível das características, no pré-teste o estudante respondeu *“fenômeno físico-químico”*, e no pós-teste *“fenômeno químico”*.

O estudante (A4), citou *“fenômeno físico-químico”* no (pré-teste) e *“fenômeno físico”* no pós-teste. No nível submicroscópico, respondeu *“fenômeno químico”* no pré e pós-teste. Sobre o nível das características, o estudante respondeu *“fenômeno físico-químico”* no (pré-teste) e citou *“macroscópico”* no pós-teste. Por fim, no nível simbólico, *“não colocou o fenômeno”* em ambos questionários.

O estudante (A5), respondeu em nível macroscópico *“fenômeno físico-químico”* no (pré-teste) e *“fenômeno físico”* no pós-teste. Quanto ao nível submicroscópico, respondeu *“fenômeno químico”* no pré e pós-teste. No nível das características, respondeu *“fenômeno físico-químico”* no pré e pós-teste. Por fim, no nível simbólico, *“não colocou o fenômeno”* no (pré-teste) e *“fenômeno físico-químico”* no pós-teste.

O estudante (A6), afirmou em nível macroscópico *“fenômeno físico”* no pré e pós-teste. No nível submicroscópico *“fenômeno químico”* no pré e pós-teste. Já no nível das características, *“não colocou o fenômeno”* no (pré-teste) e no *“fenômeno químico”* no pós-teste. Por último, no nível simbólico, respondeu *“fenômeno físico-químico”* no (pré-teste) e *“fenômeno químico”* no pós-teste.

O estudante (A7) em nível macroscópico, no (pré-teste), *“não respondeu ou não sabe”*, já no (pós-teste) respondeu *“fenômeno químico”*. Em nível submicroscópico, o estudante respondeu *“fenômeno físico”* no (pré-teste) e *“fenômeno químico”* no pós-teste. Com base no nível das características, no pré-teste o estudante *“não respondeu ou não sabe”* e no (pós-teste) respondeu *“fenômeno químico”*.

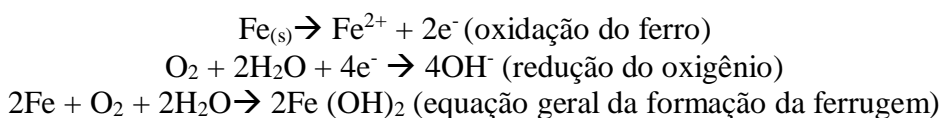
O estudante (A8), a respeito do nível macroscópico, “*não respondeu ou não sabe*” no questionário pré-teste. E mencionou que ocorre um “*fenômeno físico-químico*” no pós-teste. Em nível submicroscópico, no pré-teste “*não respondeu ou não sabe*” e no (pós-teste) respondeu “*fenômeno químico*”. Em relação ao nível das características, no (pré-teste) o estudante “*não respondeu ou não sabe*” e no (pós-teste) mencionou “*fenômeno físico-químico*”.

No nível simbólico, no (pré-teste) “*não respondeu ou não sabe*” e no (pós-teste) respondeu “*fenômeno físico-químico*”. Além disso, o estudante representou as interações entre as moléculas de sal e água. No entanto, o estudante se confundiu ao representar o sódio (Na) com íon negativo e o cloro (Cl) com íon positivo na presença de água (H₂O).

Questão 3. Como acontece o processo de ferrugem? (Represente de acordo com os níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).

O estudante (A1), declarou no (pré e pós-teste) que em nível macroscópico ocorre um “*fenômeno físico*”. Em nível submicroscópico, respondeu que ocorre um “*fenômeno químico*” em ambos questionários. Contudo, no pós-teste, ele mencionou a seguinte explicação: “*A umidade e oxigênio do ar entram em contato com o ferro. O oxigênio pega dois elétrons do ferro (Fe⁰) e deixa-o com Fe²⁺, depois rouba um elétron e o ferro passar a ser Fe³⁺*”.

O processo da ferrugem, passa pela oxidação do ferro e redução do oxigênio. Somando-se as duas primeiras equações temos a equação geral da formação da ferrugem:



Em geral, o Fe(OH)₂ (hidróxido de ferro II) é oxidado a Fe(OH)₃ (hidróxido de ferro III), na maioria das vezes representado por Fe₂O₃.

Em relação ao nível das características, no pré-teste, o estudante respondeu que acontece um “*fenômeno físico*”. No pós-teste, o estudante “*não colocou o fenômeno*”, no entanto, relatou que: “*Este processo é demorado e oxigênio é mais importante, mas o hidrogênio o ajuda no processo de oxidação*”. De acordo com Silva et al. (2015), o oxigênio é essencial para ocorrer o processo de ferrugem, já a H₂O somente intensifica este processo. Dessa forma, comprova-se a explicação do estudante acima.

Por fim, no nível simbólico, o estudante respondeu no (pré-teste) que acontece um “*fenômeno físico*”. Em contrapartida, no questionário pós-teste, respondeu que ocorre um “*fenômeno físico-químico*” e representou o processo de oxidação do ferro.

Conclui-se que houve uma melhora na compreensão do estudante (A1) a respeito de seus conhecimentos sobre fenômenos físicos e químicos que ocorrem na matéria.

O estudante (A2), em nível macroscópico, respondeu no (pré e pós-teste) que acontece um “*fenômeno físico*”. Em nível submicroscópico, respondeu no (pré e pós-teste) que ocorre um “*fenômeno químico*”. Entretanto, no pós-teste o estudante argumentou: “*O oxigênio, gás*

carbônico e umidade entram em contato com o ferro e começa a oxidar ele até que ele fique enferrujado”.

Contudo, esta resposta expõe o entendimento de que a ferrugem está no ar e chega ao ferro quando ele está úmido. De acordo com as autoras Rosa e Schnetzler (1998), é muito frequente os estudantes interpretarem que a ferrugem se manifesta na umidade e fica no ar, atacando o metal quando ele estiver úmido. Além disso, o estudante se precipitou ao responder que o gás carbônico faz parte deste processo.

No nível das características, em ambos os questionários, o estudante respondeu que ocorre um *“fenômeno físico-químico”*. No entanto, no questionário pós-teste, ele mencionou o seguinte: *“Ferro alaranjado e depois branco e farelento”*. Neste caso, o estudante conseguiu relacionar seus conhecimentos cotidianos com o conhecimento científico. Por fim, no nível simbólico, o estudante relatou no (pré e pós-teste) que ocorre um *“fenômeno físico-químico”*.

O estudante (A3), em nível macroscópico, afirmou no (pré e pós-teste) que ocorre um *“fenômeno físico”*. Em nível submicroscópico, ele respondeu no (pré e pós-teste), que ocorre um *“fenômeno químico”*. Em contrapartida, no (pós-teste) o estudante descreveu o processo de oxidação do ferro. Com referência ao nível das características, no pré-teste, o estudante respondeu *“fenômeno físico-químico”* e no pós-teste *“fenômeno químico”* e relatou a seguinte explicação: *“A ferrugem: o seu procedimento é primeiramente ocorrido em algum objeto que contenha ferro. Com isso, se está exposto este objeto, acaba absorvendo umidade e com isso também oxigênio”*. Por último, no nível simbólico, no pré-teste, respondeu *“fenômeno físico-químico”* e no pós-teste *“fenômeno químico”*.

O estudante (A4), mencionou que em nível macroscópico ocorre um *“fenômeno físico”*, no pré e pós-teste. Em nível submicroscópico, *“fenômeno químico”* no (pré-teste) e *“fenômeno físico”* no pós-teste. Neste caso, o estudante se equivocou ao declarar que ocorre um *“fenômeno físico”* em nível submicroscópico. Em referência ao nível das características, respondeu *“fenômeno físico-químico”* no (pré-teste) e *“submicroscópico”* no pós-teste. Por último, no nível simbólico, no (pré-teste) respondeu *“fenômeno físico”* e no pós-teste *“não colocou o fenômeno”*.

No caso do estudante (A4), pode-se perceber que ele se confundiu ao colocar os níveis de representação (*macroscópico, submicroscópico*) no nível das características. Onde foi solicitado que fosse inserido os fenômenos (físicos, químicos ou físico-químico).

O estudante (A5), em nível macroscópico, respondeu *“fenômeno físico”* no (pré-teste) e *“fenômeno físico-químico”* no pós-teste. Neste caso, equivocou-se ao declarar que ocorre um *“fenômeno físico-químico”* em nível macroscópico. Com base no nível submicroscópico, em ambos os questionários o estudante respondeu *“fenômeno químico”*. Em contrapartida, no pós-teste ele descreveu o processo de oxidação do ferro. No nível das características, o estudante respondeu no (pré e pós-teste) que ocorre um *“fenômeno físico-químico”*.

Todavia, no pós-teste, o estudante relatou o que acontece neste processo com suas próprias palavras: *“Quando a gente deixa tipo um prego exposto a umidade, as moléculas de água vão penetrando no prego e com a ajuda do ar ele vai enferrujando”*. Por fim, no nível simbólico, o estudante respondeu *“fenômeno físico”* no (pré-teste) e *“fenômeno químico”* no pós-teste.

O estudante (A6), em nível macroscópico, respondeu *“fenômeno físico”* no pré e pós-teste. No nível submicroscópico, *“fenômeno químico”* no pré e pós-teste. E no questionário pós-teste relatou o seguinte: *“A ferrugem é resultado da oxidação de ferro devido ao contato com o oxigênio presente na água”*.

No nível das características, “*não colocou o fenômeno*” no (pré-teste) e “*fenômeno químico*” no pós-teste. Por último, no nível simbólico, respondeu “*fenômeno físico-químico*” no (pré-teste) e “*fenômeno químico*” no pós-teste.

O estudante (A7), em nível macroscópico, no questionário (pré-teste) “*não respondeu ou não sabe*” e no (pós-teste) citou “*fenômeno químico*”. No nível submicroscópico, “*fenômeno físico-químico*” no (pré-teste), e “*fenômeno físico*” no pós-teste. Sobre o nível das características, no (pré-teste) “*não respondeu ou não sabe*” e mencionou “*fenômeno físico-químico*” no pós-teste, além disso, relatou sobre a chuva e a umidade. Por fim, no nível simbólico, no (pré-teste) “*não respondeu ou não sabe*”, e citou “*fenômeno químico*” no pós-teste. A respeito do estudante (A7), é possível perceber uma dificuldade na compreensão dos fenômenos físicos e químicos da matéria.

O estudante (A8), a respeito do nível macroscópico respondeu “*fenômeno físico-químico*” no pré e pós-teste. Além disto, no pós-teste, o estudante representou a carga elétrica do ferro. Conforme o nível submicroscópico, respondeu “*fenômeno químico*” no pré e pós-teste.

No nível das características, o estudante respondeu “*macroscópico*” no (pré-teste) e respondeu “*fenômeno físico-químico*” no pós-teste. Pode-se constatar que ainda há dificuldades pelos estudantes em classificar os fenômenos que ocorrem em cada nível de representação. Além disto, o estudante (A8) descreveu no pós-teste a seguinte explicação: “*as moléculas da água não são o que geram a ferrugem são apenas o caminho digamos, o que realmente vai fazer gerar o F2, F3 é o oxigênio*”.

Conforme Silva, Pereira, Codaro, & Acciari (2015), o processo de corrosão, envolve reações de oxidação e de redução (redox). O $\text{Fe}_{(s)}$ é instável na presença de $\text{O}_{2(g)}$. Por esta razão, na presença de oxigênio ocorre a oxidação do ferro. A atuação de $\text{O}_{2(g)}$ e $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ na atmosfera, em contato com o ferro torna o ambiente mais severo para o material, e acaba formando uma camada mais espessa e porosa conhecida como ferrugem. Por esse motivo, o estudante relatou que o oxigênio é fundamental neste processo. Por fim, em relação ao nível simbólico, o estudante respondeu “*fenômeno químico*” no pré e pós-teste. No pós-teste, ele descreveu o processo simplificado de oxidação do ferro.

Com base nas interpretações das respostas foi possível perceber que os estudantes do 1º ano do Ensino Médio (magistério) em sua maioria se esforçaram para responder as questões propostas. Desta maneira, pode-se verificar que o estudante (A1) se destacou em relação aos demais estudantes na abordagem de termos científicos, enquanto que o estudante (A2) utilizou da química do dia a dia para explicar os conhecimentos científicos.

O estudante (A3) melhorou minimamente suas compreensões no pós-teste. Em contrapartida, os estudantes (A4), (A5) e (A7) apresentaram dificuldades para desenvolver suas explicações, tanto no questionário pré-teste como no pós-teste. Por fim, os estudantes (A1), (A6) e (A8) apresentaram uma melhora significativa na compreensão dos fenômenos no questionário pós-teste.

Conforme mencionado pela professora da turma, os estudantes do Ensino Médio (magistério) utilizavam o Livro de Química (Ciscato, Pereira, & Chemello, 2015) e de Biologia (Mendonça, 2016), ambos do 1º ano do Ensino Médio. Os autores do Livro de Química Ciscato et al. (2015), apresentam no capítulo 2 intitulado “O mundo microscópico da matéria”, a estrutura atômica e os elementos químicos, como tema central as primeiras ideias sobre a constituição da matéria. E no desenvolvimento do tema discutem sobre as leis ponderais de Lavoisier e Proust, modelos atômicos, partículas subatômicas, formação de íons, e a eletrosfera do átomo. Já o Livro de Biologia da autora Mendonça (2016), trata sobre

ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia. Porém, não aborda o tema matéria.

Segundo Rosa e Schnetzler (1998), muitos estudantes tratam o nível atômico-molecular como uma exacerbação do nível macroscópico (nível fenomenológico). De outro modo, o que se impõe ao nível macroscópico também se aplica ao micro (nível teórico, conceitual). Além disso, foi possível observar que na maioria das vezes, as justificativas dos estudantes sobre transformação química, se mantêm no nível macroscópico, ou seja, no campo fenomenológico.

Para a (Questão 1) do questionário da Quadrangulação em relação ao que acontece se adicionar açúcar na água eles representaram da seguinte maneira, segue a Figura 7. No modelo abaixo, os estudantes pretendiam representar a fórmula da sacarose no nível simbólico, porém não houve espaço na face do modelo.



Figura 7: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão do açúcar.

No modelo a seguir, os estudantes desenharam a fórmula estrutural da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) para representar o nível simbólico. Em seguida observe a Figura 8:

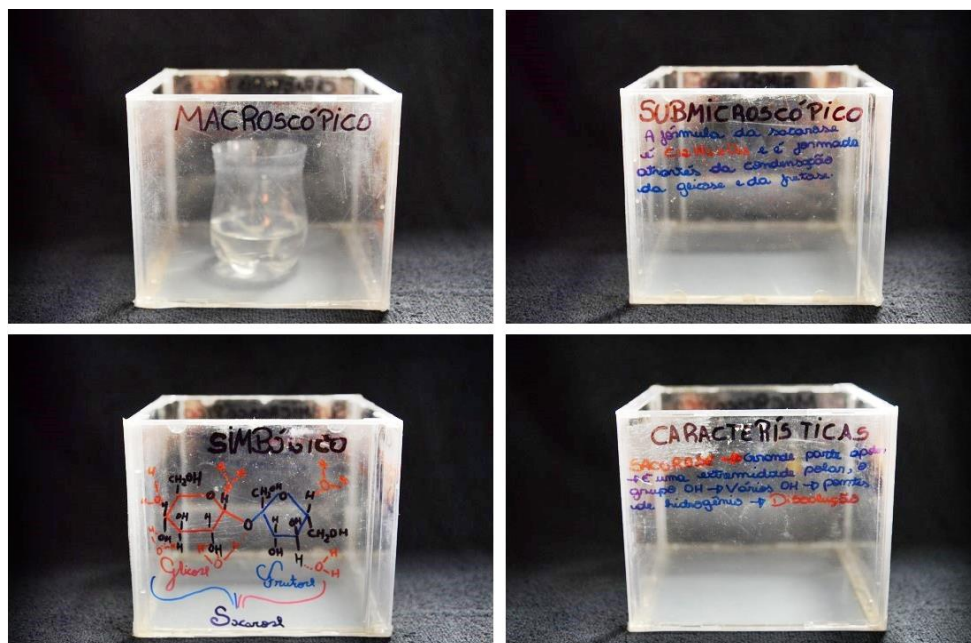


Figura 8: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão do açúcar.

Para a (Questão 2) do questionário da Quadrangulação em relação ao que acontece se adicionar sal na água os estudantes representaram da seguinte maneira, observe a (Figura 9) e seguidamente a Figura 10:

Os estudantes representaram a estrutura cristalina do cloreto de sódio, em vermelho (Cl^-) e em verde (Na^+). Os ânions Cl^- se ligam aos Cátions (Na^+) formando a estrutura cristalina do Cloreto de Sódio. A seguir a Figura 9:

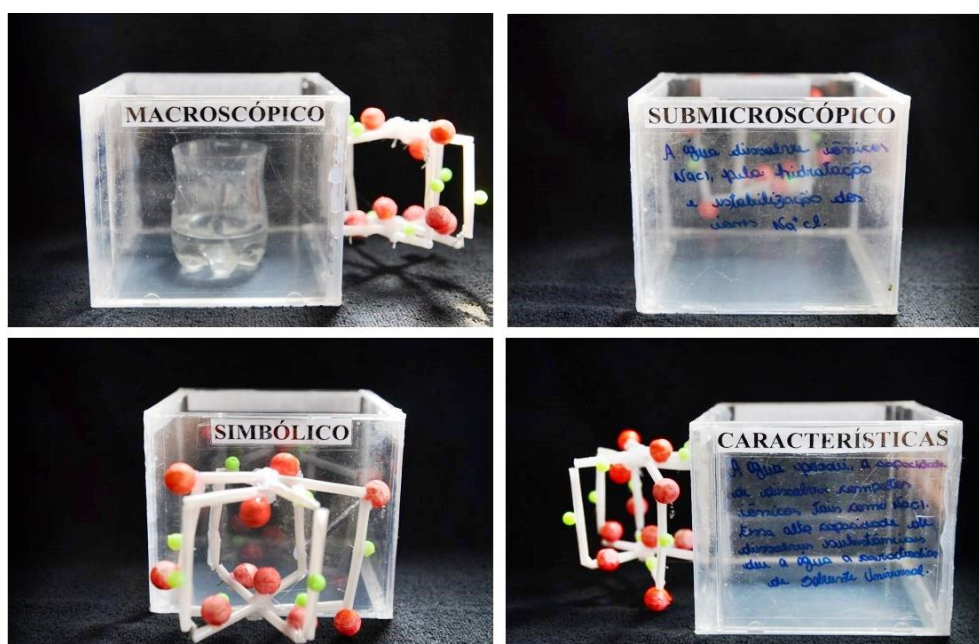


Figura 9: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão do sal.

O outro grupo de estudantes representou com bolinhas de isopor as moléculas de água, interagindo com o cloreto de sódio (NaCl). Onde as bolinhas brancas indicaram os hidrogênios e as vermelhas os oxigênios. A miçanga azul claro simbolizou o sódio (Na⁺) e a azul marinho o (Cl⁻). Os estudantes representaram quatro moléculas de água interagindo com o (NaCl). Seguidamente observe a Figura 10:

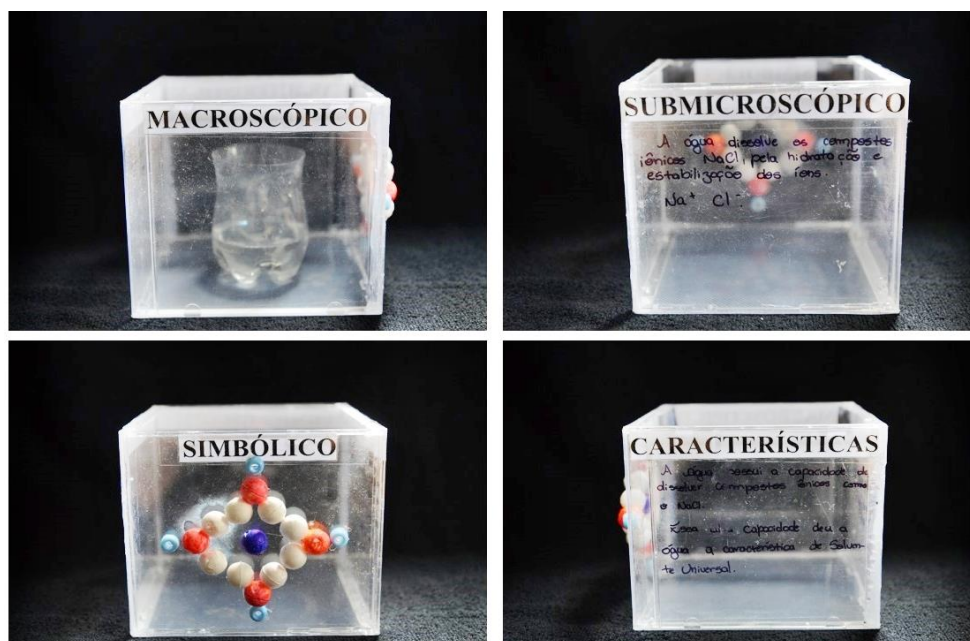


Figura 10: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão do sal.

Para a (Questão 3) do questionário da Quadrangulação em relação a como acontece o processo da ferrugem eles representaram da seguinte maneira, a seguir observe a Figura 11:

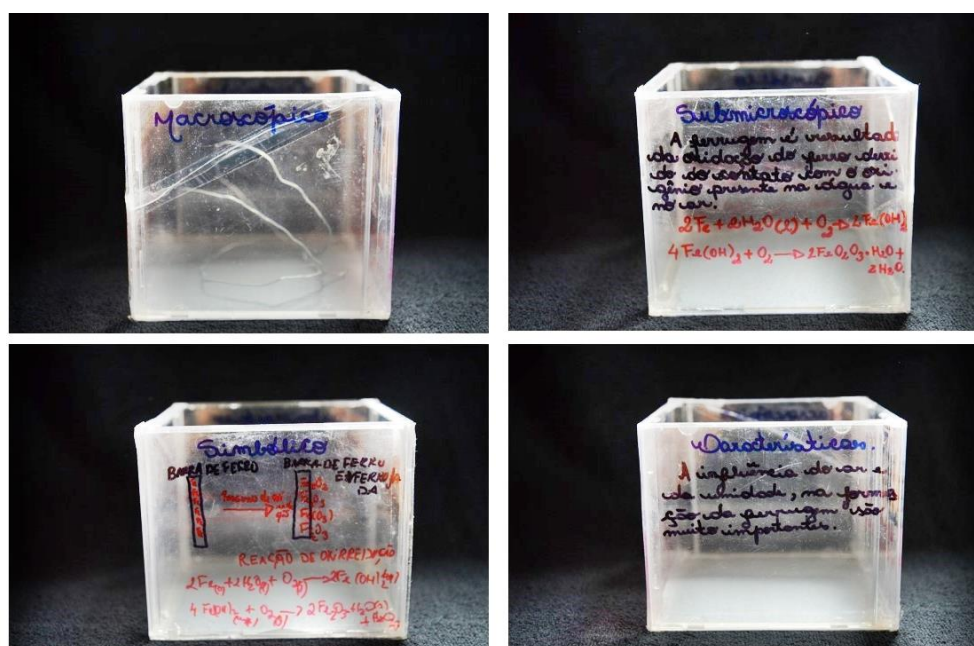
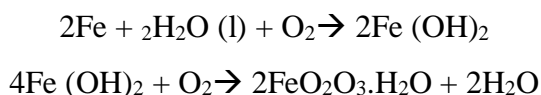


Figura 11: Figura dos quatro níveis de representação acerca da questão da ferrugem.

No nível macroscópico, (o que podemos ver, tocar, etc.) eles colocaram um aço dentro do quadrado para representar o nível macroscópico, no nível submicroscópico (íons, estruturas, etc.), eles descreveram: “A ferrugem é resultado da oxidação do ferro devido ao contato com o oxigênio presente na água e no ar”. No nível simbólico representaram a reação de oxirredução do ferro. Por fim, no nível das características, escreveram: “A influência do ar e da umidade na formação da ferrugem são muito importantes”. Observe a seguir reação de oxirredução do ferro:



Por fim, a representação dos níveis simbólicos em relação a cada uma das questões propostas, (Figura 12):

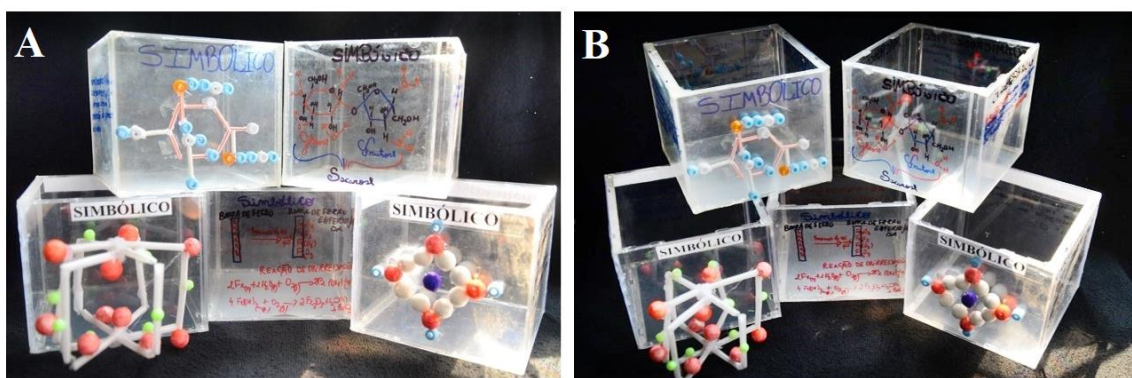


Figura 12: Os níveis simbólicos de acordo com cada questão. (A): imagem de frente. (B): imagem de cima.

De acordo com Stavridou e Solomonidou (1989), o conceito de reação química auxilia na distinção entre fenômenos físicos e químicos. Segundo os autores, a compreensão do conceito de reação química é importante para esclarecer quando as substâncias se transformam em outras substâncias ou quando não há transformação da matéria.

Para tratar dos fenômenos químicos ou transformações químicas da matéria é usado geralmente o conceito de reação química. Todavia, há outro tipo de transformação da matéria que se trata dos fenômenos físicos. Dessa maneira, é necessário investigar as percepções que os estudantes possuem em relação as transformações físicas e químicas da matéria (Stavridou e Solomonidou, 1989).

Nessa perspectiva, pode-se perceber que o ensino da química procura explicar o mundo natural e os fenômenos de uma maneira científica, mas será que os alunos utilizam esse conhecimento científico para explicar os fenômenos físicos e químicos que ocorrem na vida cotidiana? Será que esse conhecimento colabora com a organização conceitual dos estudantes? (Stavridou e Solomonidou, 1998).

Considerações Finais

Compreende-se a complexidade deste tema e a necessidade de ampliar as discussões sobre os fenômenos que ocorrem na matéria, investindo em modelos didáticos que colaborem com o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Observou-se que a maioria dos estudantes não compreende que um mesmo fenômeno pode contar com alterações físicas e químicas simultaneamente. Neste contexto, a diferenciação entre os fenômenos físicos e químicos é muito mais profunda do que a maioria dos livros didáticos e professores mostram. Desta maneira, ressalta-se a necessidade de mais estudos que abordem sobre as transformações da matéria.

No decorrer das intervenções, foi possível evidenciar que os estudantes do Ensino Médio estavam sempre dispostos a realizar as atividades, além do mais, afirmaram que ao solucionar as questões com o auxílio dos quatro níveis de representação o estudo das transformações da matéria tornou-se mais divertido e desafiador. Além disso, o nível designado como “nível das características” no processo da quadrangulação colaborou com o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes, visto que ao explicarem em termos coloquiais seus entendimentos acerca do conhecimento científico, a autorreflexão e as habilidades cognitivas fizeram parte deste processo.

Desta forma, foi possível evidenciar várias contribuições que o método da Quadrangulação pode proporcionar para o estudo das transformações físicas e químicas no Ensino de Ciências. Nesta perspectiva, o método da Quadrangulação colaborou com o ensino-aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio a respeito das transformações físicas e químicas que ocorrem na matéria. Além disso, despertou a curiosidade dos estudantes em relação a química do cotidiano, colaborou com a motivação do ensino-aprendizagem na sala de aula, e incentivou o trabalho em equipe durante a construção do material didático pelos estudantes.

No entanto, ainda há necessidade de mais estudos para verificar a eficiência do método da Quadrangulação. Neste sentido, o ensino da química precisa tratar sobre os níveis de representação de uma forma equilibrada, com o intuito de que os estudantes consigam relacioná-los. Para que desta forma, compreendam como acontece os fenômenos físicos e químicos da matéria.

Referências

Atkins, P.; & Jones, L. (2012). *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*, 5 ed. Porto Alegre: Bookman.

Ausubel, D. P.; Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. 2 ed. New York: Holt Rinehart and Winston.

Björn, A. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03057269008559981>

Carnevalle, M. R. (2012). *Jornadas.cie – Ciências 9º ano*. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva.

Ciscato, C. A. M.; Pereira, L. F.; & Chemello, E. (2015). *Química – Vol. 1: Ensino médio*. São Paulo: Editora Moderna.

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 481-490. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0950069890110501>

Filho, B. L. (1998). Sequência básica na elaboração de protocolos de pesquisa. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 71(6).

Fonseca, M. R. M. (2013). *Química Geral*. 1 ed. São Paulo: Ática.

Gabel, D. (1992). Modeling with magnets: A unified approach to chemistry problem solving. *The Science Teacher*, 59 (3), 58-63.

Gabel, D. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70, 193-194.

Garnett, Patrick. J., Garnett, Pamela. J., & Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.

Gewandsznajder, F. (2012). *Projeto Teláris: Ciências*. 1. ed. São Paulo: Ática.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? *School Science and Mathematics*, 98, 420-429.

Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.

Johnstone, A. H. (1989). Some messages for teachers and examiners: an information processing model. Research in Assessment VII: Assessment of Chemistry in Schools, London: *Royal Society of Chemistry Education Division*, 23-39.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1 (1), 9-15.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.

Levy-Nahum T., Hofstein A., Mamlok-Naaman R., & Bar-Dov Z. (2004). Can final examinations amplify students' misconceptions in chemistry? *Chemistry Education: Research and Practice*, 5, 301-325.

Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 229-245.

Martins, C. R., Lopes, W. A., & Andrade, J. B. (2013). Solubilidade das substâncias orgânicas. *Química Nova*, 36(8), 1248-1255.

Matos, C. H., Oliveira, C. R. F., Santos, M. P. F., & Ferraz, C. S. (2009). Utilização de modelos didáticos no Ensino de Entomologia. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 9 (1). ISSN 1519-5228

Mendonça, C. O., & Santos, M. W. O. (2011). Modelos didáticos para o ensino de ciências e biologia: aparelho reprodutor feminino da fecundação a nidação. In *V Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade"*. São Cristovão, SE, Brasil - 21 a 23 de setembro de 2011.

Mendonça, V. L. (2016). *Biologia: ecologia: origem da vida e biologia celular embriologia e histologia*. 3. ed. São Paulo: Editora AJS.

Moreira, M. A. (2011). *Metodologias de Pesquisa em Ensino*. São Paulo: Livraria da Física.

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191-196.

Pozo, J. I., & Crespo, M. A. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed.

Ribeiro, E. P.; & Seravalli, E. A. G. (2007). *Química de Alimentos*. 2ª ed. São Paulo: Blucher.

Rosa, M. I. F. P. S., & Schnetzler, R. P. (1998). Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, 8.

Silva, L. A., Martins, C. R., & Andrade, J. B. (2004). Por que todos os nitratos são solúveis? *Química Nova*, 27(6), 1016-1020.

Silva, M. V. F., Pereira, M. C., Codaro, E. N., & Acciari, H. A. (2015). Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química. *Química Nova*, 38(2). DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140313>

Silva, S. M., Eichler, M. L., & Pino, J. C. D. (2012). Concepções alternativas de calouros de química para o fenômeno da dissolução. In *XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)*. Salvador, BA, Brasil – 17 a 20 de julho de 2012.

Stavridou, H., & Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *International Journal of Science Education*, 20 (2), 205-221.

Stavridou, H., & Solomonidou, C. (1989). Physical phenomena - chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11 (1), 83-92.

Taber K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemical Education Research and Practice*, 14, 156–168.

Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33 (2), 179-195. DOI: 10.1080/09500690903386435

Thomas, G. P. (2017). Triangulation: an expression for stimulating metacognitive reflection regarding the use of ‘triplet’ representations for chemistry learning. *Chemical Education Research and Practice*, 18, 533–548.

6 DISCUSSÃO GERAL

O estudo das transformações químicas contribui para compreender o impacto ocasionado pelo avanço da indústria química no ambiente em que vivemos. Além disso, nos possibilita compreender o motivo pelo qual os químicos estão produzindo plásticos biodegradáveis, como também colabora com o entendimento de muitos processos que ocorrem no dia a dia, que vão desde a atuação do metabolismo até o simples fato de preparar uma refeição (ROSA E SCHNETZLER, 1998).

Com base no manuscrito intitulado: “O processo da Quadrangulação: uma nova perspectiva metodológica no Ensino de Ciências.” Foi possível verificar que a maioria dos estudantes desta pesquisa dedicaram-se a responder todas as questões propostas e mostraram interesse em desenvolver as atividades. Com relação a análise dos dados, pode-se constatar que o estudante (A1) exibiu uma maior ênfase de termos científicos em relação aos demais estudantes, enquanto que o estudante (A2) fez uso da química do cotidiano para explicar os conhecimentos científicos, no momento em que ele relaciona alguns sentidos, como por exemplo, o paladar, visão e tato, na compreensão dos fenômenos. No entanto, o estudante (A2) apresenta dificuldades para entender o nível submicroscópico da matéria.

Ademais, o estudante (A3) apresentou minimamente algumas melhoras em seus entendimentos com relação ao questionário pós-teste. Por outro lado, os estudantes (A4), (A5) e (A7) apresentaram dificuldades para desenvolver suas respostas, o que foi possível verificar no questionário pré e pós-teste. Por fim, os estudantes (A1), (A6) e (A8) se destacaram na compreensão dos fenômenos físicos e químicos no questionário pós-teste.

Neste contexto, foi possível evidenciar a necessidade em incentivar os estudantes a pensarem a respeito dos fenômenos que ocorrem na matéria, pois percebe-se que eles ainda consideram bastante complexo entenderem que em um mesmo fenômeno pode ocorrer alterações físicas e químicas simultaneamente.

Neste sentido, o estudo evidenciado por Joras (2018), envolveu a compreensão de 26 estudantes (15 de graduação e 11 de pós-graduação) a respeito das transformações físicas e químicas da matéria, por meio da classificação de 19 fenômenos cotidianos. Por fim, observou-se que mesmo para estudantes do ensino superior a compreensão dos fenômenos é bastante complexa. Pode-se observar este estudo em (APÊNDICE III).

Segundo os autores, Stavridou e Solomonidou (1989), em uma transformação física da matéria a identidade das substâncias é conservada, sendo assim as unidades microscópicas (moléculas e íons) não são alteradas. Por outro lado, na transformação química da matéria há

modificações nas unidades microscópicas. Nesse sentido, para detectar as modificações na matéria é necessário comparar o estado inicial e final da substância envolvida no processo.

Neste âmbito, muitos químicos consideram que sob certas condições, a maioria das reações químicas são reversíveis (STAVRIDOU E SOLOMONIDOU, 1989). Dessa maneira, observa-se que tratar separadamente de fenômenos químicos dos fenômenos físicos, precisa ser superado. Visto que, com a evolução das tecnologias, a reversibilidade será facilitada, e a confusão a respeito desses conteúdos, principalmente se tratando de níveis atômicos e subatômicos, serão evidenciadas.

É necessário que o conceito de reversibilidade seja tratado com atenção pelos professores e que novas pesquisas sejam feitas a respeito deste tema (STAVRIDOU E SOLOMONIDOU, 1989). Atualmente muitas pesquisas mostram que os estudantes, em geral, possuem entendimentos diferentes do que é ensinado com relação aos conceitos químicos. Como por exemplo, não entendem a descontinuidade da matéria. Dessa forma, ressalta-se a importância da escola e dos professores no processo de compreensão dos conceitos da química (ECHEVERRÍA, 1996).

A compreensão à ciência Química por parte dos alunos, possibilita que eles transitem melhor entre os três níveis de representação do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico (VASCONCELOS E ARROIO, 2013). Ainda que isso, possa acarretar em dificuldades de adaptação para professores e estudantes, como mencionado por Talanquer 2011.

Segundo Rosa e Schnetzler (1998), a compreensão dos estudantes a respeito das transformações químicas é muito diferente daquelas cientificamente aceitas pela comunidade científica. Os autores Papageorgiou e Johnson (2005), sugerem que os entendimentos de partículas podem colaborar com a compreensão dos estudantes a respeito dos fenômenos físicos e químicos que ocorrem na matéria. Desta forma, de acordo com Rosa e Schnetzler (1998), para acontecer uma melhoria no ensino de química, é necessário considerar a importância em discutir sobre questões epistemológicas para se chegar ao conceito de transformação química.

O trabalho desenvolvido pelos autores Sá e Garritz (2014), traz uma abordagem sobre a percepção de bolsistas a respeito do Ensino de Química. Com base nisso, destacam-se as maiores dificuldades em relação ao mundo microscópico, pois é necessária uma alta capacidade de abstração pelo estudante, resistência das concepções alternativas, e a falta de motivação em aprender ciências. Desta forma, essas são as dificuldades mais evidentes no ensino da química e dificultam os estudantes a chegarem ao conhecimento científico.

Segundo Nahum et al. (2004), essas dificuldades podem ser encontradas em fenômenos explicados pelo nível submicroscópico. No entanto, existem fatores externos que também influenciam nesse processo, tal como, a forma como os professores ensinam (pedagogia, conteúdos e livros didáticos) e como os estudantes aprendem.

Além disso, outro problema é que em geral o ensino da química está muito focado no par submicro-simbólico e menospreza o ato de ensinar os estudantes a relacionarem todos os níveis de representação para que eles reflitam sobre os fenômenos da matéria. Desta forma, essa abordagem de ensino acarreta em confusão e excesso de informações, resultando em desmotivação e baixo aproveitamento dos estudantes nas aulas de química (TALANQUER, 2011). Outro aspecto importante salientado por Talanquer (2011), é que os estudantes precisam aprender a associar os fenômenos que observam e serem capazes de explicar em termos coloquiais seus entendimentos como base no conhecimento científico.

Mesmo que a maioria das experiências dos estudantes esteja focada no nível macroscópico de objetos, acontecimentos, atualmente existem tecnologias modernas que possibilitam que os químicos possam investigar a matéria através de uma ampla variedade de escalas, que vão desde o nível macro até o nano (TALANQUER, 2011). Com isso, espera-se que no futuro nossos alunos possam usufruir de toda essa tecnologia e que compreendam as transformações físicas e químicas da matéria de forma satisfatória.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudantes conceberam os fenômenos diários de diferentes formas de acordo com suas próprias representações. Isto reflete a importância de fazer com que eles pensem a respeito de suas ideias de senso comum com os conhecimentos científicos a fim de entender os fenômenos que acontecem diariamente (STAVRIDOU e SOLOMONIDOU, 1998). Nesse sentido, os professores possuem um papel muito importante em orientar os estudantes sobre o valor da alfabetização científica e a compreensão da química que acontece no cotidiano (MAHAFFY, 2003).

A elaboração do material didático pelos estudantes sobre os três fenômenos cotidianos a) o que acontece ao adicionar açúcar na água, b) o que acontece ao adicionar sal na água e c) o processo da ferrugem, foi muito importante para a construção do conhecimento, visto que a utilização de modelos didáticos no Ensino de Ciências pode auxiliar na representação dos conhecimentos químicos e pode motivar os estudantes a aprender ciências.

As concepções dos estudantes do ensino médio sobre os fenômenos cotidianos ainda estão muito centralizadas no nível macroscópico da matéria. Em virtude de que para alcançar o nível submicroscópico, os estudantes necessitam de uma grande capacidade de abstração, como ressaltado por Talanquer (2011). Por isso, é necessário que os professores reflitam sobre essas dificuldades e que em suas aulas possam tratar sobre ambos os níveis de representação. Desse modo, ao relacionar os diferentes níveis de representação a compreensão dos fenômenos será qualificada.

Por meio deste trabalho, foi possível propor uma nova visão a respeito dos fenômenos físicos, químicos e físico-químicos. Mostrando para os estudantes que muitas vezes em um mesmo fenômeno pode estar acontecendo alterações físicas e químicas da matéria, tratando-se de níveis atômicos e subatômicos.

Compreende-se a complexidade deste tema para os estudantes e a necessidade de investir em modelos didáticos que auxiliem no processo de ensino-aprendizagem para desafiar os mesmos a pensarem criticamente e encontrar respostas. Neste sentido, ressalta-se a importância em investir na formação inicial e continuada de professores.

Desse modo, foi possível evidenciar várias contribuições que o método da Quadrangulação pode proporcionar para o estudo das transformações físicas e químicas no Ensino de Ciências. Tal como foi visto, colaborou com o ensino-aprendizagem dos estudantes do ensino médio em relação as transformações físicas e químicas da matéria, despertou a curiosidade dos estudantes em relação a química do cotidiano, colaborou com a motivação do

ensino-aprendizagem na sala de aula, e além disso, incentivou o trabalho em equipe durante a construção do material didático pelos estudantes.

Conclui-se que a utilização da Quadrangulação pode colaborar com o ensino-aprendizagem nas escolas. Em contrapartida, alguns dos estudantes não estão familiarizados com esta nova forma de expor o conhecimento através dos quatro níveis de representação. Por isso, é necessário que sejam feitos estudos mais aprofundados para validar o método da Quadrangulação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**, 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Paralelo, 2003.

BARROS, D. B. J. **Condensação de Bose-Einstein em Cadeias com Acoplamentos de Longo-Alcance**. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Maceió, 2014.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L.F.; CHEMELLO, E. **Química** – Vol. 1: Ensino médio. Editora: Moderna, 2015. ISBN: 9788516101343

CRUZ, D. **Química e Física - Ciências & Educação Ambiental**. São Paulo: Ática, 2002.

FILHO, B. L. **Sequência básica na elaboração de protocolos de pesquisa**. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 71, n. 6, 1998.

FÍSICO-QUÍMICO. **Merriam-Webster's Collegiate Dictionary**. 1664. Disponível em: <<https://www.merriam-webster.com/dictionary/physicochemical>>. Acesso em: 5 julho de 2019.

FONSECA, M. R. M. **Química Geral**, 1 ed. São Paulo: Ática, 2013.

GABEL, D. **Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding**. Journal of Chemical Education, v. 70, n. 3, p. 193-194, 1993.

GUIMARÃES, C. C. **Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa**. Química Nova na Escola, v. 31, n. 3, 2009.

GUIMARÃES, G. M. A.; ECHEVERRÍA, A. R.; MORAES, I. J. **Modelos didáticos no discurso de professores de ciências**. Investigações em ensino de Ciências, v. 11, n. 3, p. 303-322, 2006.

INEP. **Brasil no Pisa 2015. Análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros**. OCDE-Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. São Paulo, Brasil: Fundação Santillana, 2016.

JOHNSTONE, A. H. **Macro- and micro-chemistry**. School Science Review, v. 64, p. 377–379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. **Teaching of chemistry – logical or psychological?** Chemistry Education: Research and Practice in Europe, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

JOHNSTONE A. H. **The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand**. J. Chem. Educ. v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. **Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem.** Journal of Computer Assisted Learning, v. 7, p. 75–83, 1991.

JORAS, L. E.; AFOLABI, B. A.; ROCHA, J. B. T. **Conceptual Reorganization of Phenomena Involved in the Transformation of Matter during Higher Education: Education**, v. 8, n. 2, p. 32-36, 2018.

LEVY-NAHUM T.; HOFSTEIN A.; MAMLOK-NAAMAN R.; BAR-DOV Z. **Can final examinations amplify students' misconceptions in chemistry?** Chemistry Education: Research and Practice, 5, p. 301-325, 2004.

LIMA, J. O. G.; LEITE, L. R. **O processo de ensino e aprendizagem da disciplina de química: o caso das escolas do ensino médio de Cráteus/Ceará/Brasil.** Revista Eletrônica de investigação en educación en ciencias, v. 7, n. 2, p. 72-85, 2012. ISSN 1850-6666

LIMA, J. O. G. **Perspectivas de novas metodologias no ensino de química.** Revista Espaço Acadêmico, v. 12, n. 136, 2012.

MACHADO, A. H. **Pensando e falando sobre fenômenos químicos.** Química Nova na Escola, n. 12, 2000.

MAHAFFY P. **The future shape of chemistry education.** Chem. Educ. Res. Pract, v. 5, n. 3, p. 229–245, 2004.

MENDONÇA, VIVIAN L. **Biologia: ecologia: origem da vida e biologia celular embriologia e histologia** – Vol. 1: Ensino médio, 3. ed. São Paulo: Editora AJS, 2016. (Coleção biologia)

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino.** São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PAPAGEORGIU, G.; JOHNSON. P. **Do Particle Ideas Help or Hinder Pupils' Understanding of Phenomena?** International Journal of Science Education, v. 27, n. 11, p. 1299-1317, 2005.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROSA, M. I. F. P.; SCHNETZLER, R. P. **Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico.** Química Nova na Escola, n. 8, 1998.

RUA, E. R.; SOUZA, P. S. A. **Educação ambiental em uma abordagem interdisciplinar e contextualizada por meio das disciplinas química e estudos regionais.** Química Nova na Escola, v. 32, n. 2, 2010.

SÁ, L. P.; GARRITZ, A. **O Conhecimento Pedagógico da "Natureza da Matéria" de Bolsistas Brasileiros de Iniciação à Docência.** Educación Química, 25(3), 363-379, 2014.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE D.; LIMA, J. P. M. **Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química)**. Revista Scientia Plena, v. 9, n. 7, 2013.

STAVRIDOU, H.; SOLOMONIDOU, C. **Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education**. International Journal of Science Education, v. 20 n. 2, p. 205-221, 1998.

STAVRIDOU, H.; SOLOMONIDOU, C. **Physical phenomena - chemical phenomena: do pupils make the distinction?** International Journal of Science Education, v. 11, n. 1, p. 83-92, 1989.

TABER K. S. **Learning at the symbolic level**. In Gilbert J. K. and Treagust D. F. (ed.), Multiple Representations in Chemical Education, Dordrecht: Springer, p. 75–108, 2009.

TABER, K. S. **Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education**. Chemistry Education Research and Practice, v. 14, p. 156–168, 2013.

TALANQUER, V. **Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”**. International Journal of Science Education, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011. ISSN 1464-5289

VASCONCELOS, F. C. G. C.; ARROIO, G. **Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no Ensino de Química**. Química Nova, v. 36, n. 8, p. 1242-1247, 2013.

WARTHA, E. J.; SANTOS, C. M. A.; SILVA, R. A. G.; JESUS, R. M. **The Concept of Electronegativity: Approximations and Separations in Chemistry Textbooks**. Education, 3(2), 113-117, 2013.

WIKIBOOKS. **General Chemistry** (2013). Disponível em: <https://en.wikibooks.org/wiki/General_Chemistry/Properties_of_Matter/Basic_Properties_of_Matter/>. Acesso em: 2 de julho de 2019

APÊNDICES

APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO DA “QUADRANGULAÇÃO” APLICADO AOS ESTUDANTES DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO/MAGISTÉRIO

Nome: _____

Idade: _____ anos

Turma: _____

Após ler o texto de apoio, responda as questões 1, 2 e 3 a respeito de alguns fenômenos que ocorrem em nosso cotidiano.

PROPRIEDADES DA MATÉRIA

Uma propriedade física importante na identificação dos materiais é o coeficiente de solubilidade. A matéria pode possuir ainda propriedades químicas e algumas propriedades de grupo (ácidas, básicas ou neutras). Para identificar essas propriedades, os químicos utilizam indicadores, como soluções ou papéis que mudam de cor conforme entram em contato com um meio ácido, básico ou neutro.




1. Coeficiente de Solubilidade

O **coeficiente de solubilidade (CS)** é uma medida da capacidade que um material (denominado soluto) possui de se dissolver em uma quantidade padrão de outro material (denominado solvente), em condições determinadas de temperatura, pressão e tipo do solvente.




Note, porém, que quando há uma variação de temperatura pode ocorrer tanto um aumento como uma diminuição do coeficiente de solubilidade. A dissolução do açúcar comum (sacarose) na água aumenta com o aumento da temperatura. Ou seja, é possível aumentar a quantidade de sacarose dissolvida na água aumentando-se a temperatura do sistema. A tabela a seguir apresenta alguns exemplos do coeficiente de solubilidade da sacarose expresso em gramas de sacarose por 100 g de água.

Coeficiente de Solubilidade (g de sacarose/ 100 g de H₂O)											
Temp.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Cs	179,2	190,5	203,9	219,5	238,1	260,4	287,3	320,5	362,1	415,7	487,2

Questão 1. O açúcar se dissolve melhor em água quente ou em água gelada? (Após responder esta questão, represente o que está acontecendo em níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).

 Submicroscópio Fenômeno: _____	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> Pergunta: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ </div>	Macroscópio  Fenômeno: _____
Simbólico Fenômeno: _____ 		Características Macroscópio, Submicroscópio e Simbólico Fenômeno: _____

Questão 2. Agora, ao invés de adicionar açúcar na água, adicione sal à temperatura de 100 °C. (Não se esqueça de responder de acordo com os níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).

 Submicroscópio Fenômeno: _____	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> Pergunta: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ </div>	Macroscópio  Fenômeno: _____
Simbólico Fenômeno: _____ 		Características Macroscópio, Submicroscópio e Simbólico Fenômeno: _____

2. Estados de agregação da matéria

2.1 Fenômenos Físicos e Químicos

Todos os dias, fenômenos físicos e químicos acontecem à nossa volta. O escurecimento de uma maçã depois de descascada, por causa do oxigênio do ar, é um fenômeno químico, mas descascar a maçã é um fenômeno físico. Quem faz um bolo observa um fenômeno físico e químico, pois o fermento produz gás, e um fenômeno físico, pois o gás faz a massa do bolo crescer.




2.2 Estados Físicos da matéria

A matéria pode se apresentar em três estados físicos (ou estados de agregação): **sólido**, **líquido** e **gasoso**. As principais diferenças de estrutura da matéria nos estados físicos são a distância entre as partículas (moléculas) e a sua mobilidade.

2.3 Mudanças de estado físico

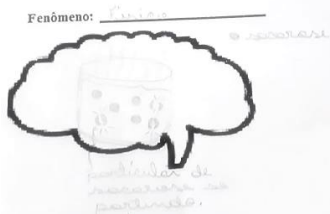

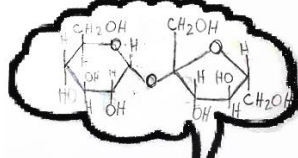
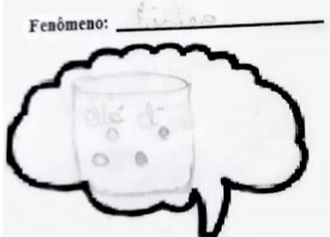

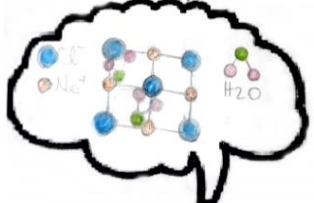
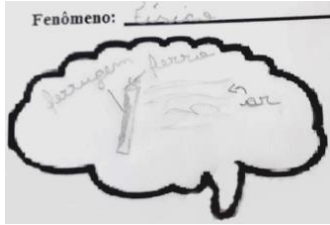
A movimentação das partículas que formam a matéria e a distância entre elas determinam os estados físicos, também chamamos de estados de agregação. Para provocar uma mudança de estado físico da matéria, é preciso alterar a velocidade e a distância entre as partículas, o que é possível por meio da **transferência de calor**. Vejam quais são as mudanças de estado físico: fusão, solidificação, vaporização, condensação ou liquefação e sublimação.

Questão 3. Como acontece o processo de ferrugem? (Represente de acordo com os níveis macroscópicos, submicroscópicos, simbólicos e características). Abaixo de cada nível escreva que fenômeno está ocorrendo na mudança da matéria (fenômenos físicos, químicos ou físicos e químicos).

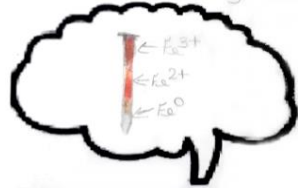
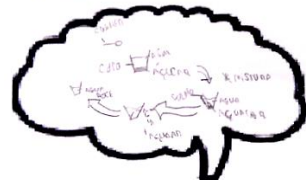

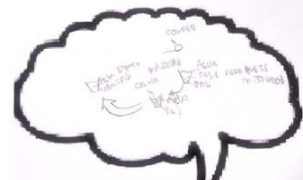

 Submicroscópico	<p style="text-align: center;"><u>Pergunta:</u></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	Macroscópico 
Fenômeno: _____		Fenômeno: _____
Simbólico		Características
Fenômeno: _____		Macroscópico, Submicroscópico e Simbólico
		Fenômeno: _____
		

**APÊNDICE II - RESPOSTAS COMPLETAS DOS ESTUDANTES DO 1º ANO DO
ENSINO MÉDIO/MAGISTÉRIO (PRÉ E PÓS-TESTE) COM BASE NO
QUESTIONÁRIO DA QUADRANGULAÇÃO**


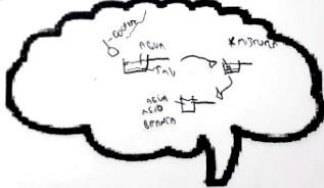

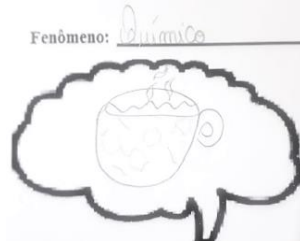

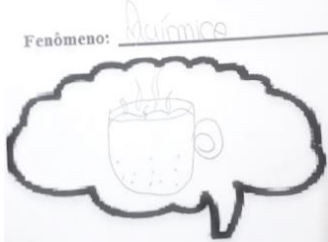
(continua)

A1	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. açúcar	<i>Fenômeno Físico</i> O açúcar está sendo dissolvido pela água	<i>Fenômeno Químico</i> Com a água quente o C.S está aumentando, assim a sacarose irá dissolver rapidamente formando íons	<i>Fenômeno físico e químico</i> A água é um solvente universal, assim a sacarose que tem o C.S aumentado se dissolve	<i>Fenômeno Físico</i> Fenômeno: <u>Físico</u> 
PÓS Q. açúcar	<i>Fenômeno Físico</i> 	<i>Fenômeno Químico</i> Os átomos de água (H ₂ O), interagem com a sacarose (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁) fazendo a dissolução	<i>Não colocou o fenômeno</i> Sacarose tem grande parte apolar e suas extremidades polares, formadas por vários OH formando pontes de hidrogênio	<i>Fenômeno Químico</i> Fenômeno: <u>químico</u> 
PRÉ Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i> O sal está se dissolvendo na água	<i>Fenômeno Químico</i> O Na ⁺ Cl ⁻ irá se dissolver na água. O sódio fará ligações com o oxigênio e deixando a água branca	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Fenômeno Físico</i> Fenômeno: <u>Físico</u> 
PÓS Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i> 	<i>Fenômeno Químico</i> O sal é uma rede cristalina, quando adicionamos água, a rede cristalina começa a ser dissolvida pelo oxigênio e hidrogênio	<i>Fenômeno físico e químico</i> A água é um solvente universal e quando entra em contato com o sal começa a dissolvê-lo	<i>Fenômeno Químico</i> Fenômeno: <u>químico</u> 
PRÉ Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i>	<i>Fenômeno Químico</i>	<i>Fenômeno Químico</i> Quando o ferro entra em contato com a umidade do ar, formando uma casca laranja a ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i> Fenômeno: <u>Físico</u> 


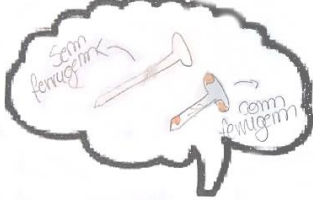
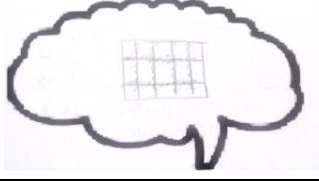
(continua)

A1	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PÓS Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i> O ferro começa a ficar com uma coloração marrom	<i>Fenômeno Químico</i> A umidade e oxigênio do ar entram em contato com o ferro. O oxigênio pega dois elétrons do ferro (Fe^0) e deixa-o com Fe^{2+} , depois rouba um elétron e o ferro passar a ser Fe^{3+}	<i>Não colocou o fenômeno</i> Este processo é demorado e oxigênio é mais importante, mas o hidrogênio o ajuda no processo de oxidação	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Químico e Físico</u> 
A2	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. açúcar	<i>Fenômeno Físico</i> Quando o açúcar cai, vai caindo, lentamente para o fundo, deixando a água com uma cor diferente até descer ao fundo	<i>Fenômeno Químico</i> Quando colocamos o açúcar algum pouco dele já se dissolve juntando-se com água e formando somente um. A água quente tem mais misturas pode se misturar mais açúcar nela	<i>Não colocou o fenômeno</i> O açúcar se mistura, pois a água é um solvente universal. O açúcar muitas vezes feito de cana de açúcar é apenas o líquido da cana fervido e processado milhões de vezes	<i>Fenômeno Físico</i> Fenômeno: <u>F.F.C.O</u> 
PÓS Q. açúcar	<i>Fenômeno Físico</i> Água se mistura com o açúcar deixando a água doce. Mais densa	<i>Fenômeno Químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Ambos se misturam sem quebrar os átomos. Fica mais densa	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Químico e Físico</u> 
PRÉ Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i> Ao jogar na água quente vemos que a água fica meio branca e um pouco do sal cai para baixo ficando no fundo	<i>Fenômeno Químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Químico e Físico</u> 
PÓS Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i> Ambos se misturam deixando a água salgada, meio esbranquiçada. Se continuar fervendo ganha o sal de novo	<i>Fenômeno Químico</i> O sal se mistura com a água deixando ela branca. Os átomos de sal não se misturam totalmente com a água	<i>Fenômeno físico e químico</i> Água esbranquiçada, salgada	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Químico e Físico</u> 





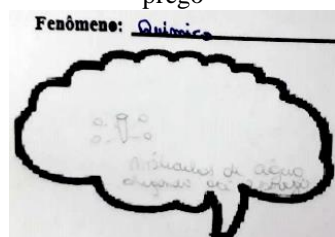

(continua)

A2	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i> O ferro fica com uma cor mais alaranjada se passar a mão pode sentir a ferrugem às vezes esfarela	<i>Fenômeno Químico</i> O ferro oxigena e começa a enferrujar	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Químico e Físico</u> 
PÓS Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i> O ferro laranja indicando a ferrugem se deixa-lo ficará branco. Se passar a mão irá começar a desfarelar por conta da ferrugem	<i>Fenômeno Químico</i> O oxigênio, gás carbônico e umidade entram em contato com o ferro e começa a oxidar ele até que ele fique enferrujado	<i>Fenômeno físico e químico</i> Ferro alaranjado e depois branco e farelento	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Químico Físico</u> 
A3	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. açúcar	<i>Fenômeno Físico</i> O açúcar some mais rápido na água fria	<i>Fenômeno Químico</i> O açúcar se dissolvendo na água quente	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Físico e Químico</u> 
PÓS Q. açúcar	<i>Fenômeno Físico</i> Um copo com água quente e açúcar	<i>Fenômeno Químico</i> Fórmula da Sacarose é $C_{12}H_{22}O_{11}$	<i>Fenômeno Químico</i> Sacarose: Maior parte apolar, uma extremidade polar, o grupo OH, vários OH, pontes de hidrogênio	<i>Fenômeno Químico</i> Fenômeno: <u>Químico</u> 
PRÉ Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i> Água e sal em temperatura muito quente	<i>Fenômeno Químico</i> O sal demora a se dissolver completamente	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Físico e Químico</u> 
PÓS Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i> Um copo com água quente e sal	<i>Fenômeno Químico</i> $NaCl \rightarrow$ sal	<i>Fenômeno Químico</i> Demora mais para se dissolver do que o açúcar, mesmo estando em água quente	<i>Fenômeno Químico</i> Fenômeno: <u>Químico</u> 






(continua)

A3	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i> Ferrugem	<i>Fenômeno Químico</i> O ferro está absorvendo umidade e se modificando junto ao calor	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Físico e Químico</u> 
PÓS Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i> Um prego com tonalidade avermelhada	<i>Fenômeno Químico</i> A fórmula do ferro: $Fe^0 \rightarrow Fe^{2+} - 2e^-$ Ferro enferrujado: $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+} - 1e^-$	<i>Fenômeno Químico</i> A ferrugem: o seu procedimento é primeiramente ocorrido em algum objeto que contenha ferro. Com isso, se está exposto este objeto, acaba absorvendo umidade e com isso também oxigênio	<i>Fenômeno Químico</i> 
A4	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. açúcar	<i>Fenômeno Físico</i>	<i>Fenômeno Químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Quando coloca açúcar na água ele é solvente	<i>Não colocou o fenômeno</i> Na água gelada, o açúcar vai para o fundo e na água quente ele dissolve
PÓS Q. açúcar	<i>Não colocou o fenômeno</i> Não conseguimos ver	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Submicroscópico</i> O açúcar se dissolve melhor na água quente	<i>Fenômeno físico e químico</i> $C_{12}H_{22}O_{11}$
PRÉ Q. sal	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Fenômeno Químico</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Não colocou o fenômeno</i> Na água quente ele come mais rápido e na água com a temperatura ambiente ele demora para se dissolver
PÓS Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i>	<i>Fenômeno Químico</i>	<i>Macroscópico</i>	<i>Não colocou o fenômeno</i> A água consegue penetrar na água quente e dissolve o sal
PRÉ Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i>	<i>Fenômeno Químico</i> O prego enferruja quando ele entra em contato com dois elementos o ar e a água, ou seja, são úmidos	<i>Fenômeno físico e químico</i>	<i>Fenômeno Físico</i> Fenômeno: <u>Físico</u> 
PÓS Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i>	<i>Fenômeno Físico</i>	<i>Submicroscópico</i>	<i>Não colocou o fenômeno</i>





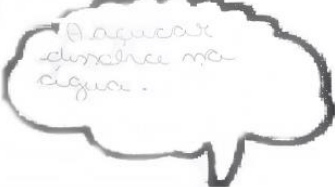
(continua)

A5	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. açúcar	Fenômeno Físico	Fenômeno Químico	Fenômeno físico e químico	Não colocou o fenômeno Com a água gelada ele vai para o fundo do copo e com a água quente ele dissolve
PÓS Q. açúcar	Fenômeno Físico 	Fenômeno Químico	Fenômeno físico e químico Tipo temos um copo com água e açúcar, o açúcar não se dissolve por completo	Fenômeno físico e químico $C_{12}H_{22}O_{11}$ Fenômeno: <u>Químico / físico</u> 
PRÉ Q. sal	Fenômeno físico e químico	Fenômeno Químico	Fenômeno físico e químico	Não colocou o fenômeno Na água gelada ele não se dissolve com facilidade quanto na água quente que é mais fácil de dissolver
PÓS Q. sal	Fenômeno Físico 	Fenômeno Químico	Fenômeno físico e químico	Fenômeno físico e químico O sal consegue penetrar na água e ele dissolve melhor
PRÉ Q. ferrugem	Fenômeno Físico O prego vai mudando de cor	Fenômeno Químico O prego enferrujado porque entra em contato com a umidade e com o ar	Fenômeno físico e químico	Fenômeno Físico Fenômeno: <u>Física</u> 
PÓS Q. ferrugem	Fenômeno físico e químico	Fenômeno Químico Fe^{+1} Fe^{+2+1} Fe^{+3}	Fenômeno físico e químico Quando a gente deixa tipo um prego exposto a umidade, as moléculas de água vão penetrando no prego e com a ajuda do ar ele vai enferrujando	Fenômeno Químico Moléculas de água chegando até o prego Fenômeno: <u>Químico</u> 
A6	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. açúcar	Fenômeno Físico O açúcar está sumindo e deixando a água mais branca	Fenômeno Químico O açúcar se dissolvendo na água quente	Não respondeu ou não sabe	Fenômeno físico e químico Fenômeno: <u>físico e químico</u> 

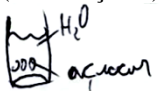
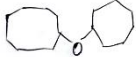
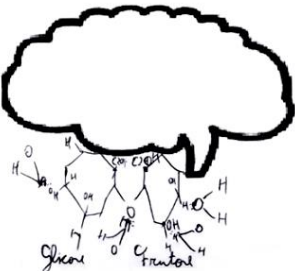
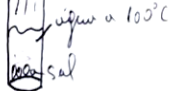
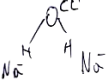
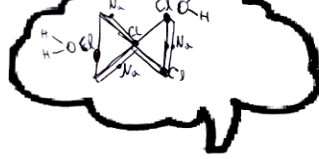
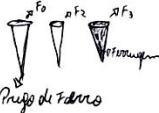
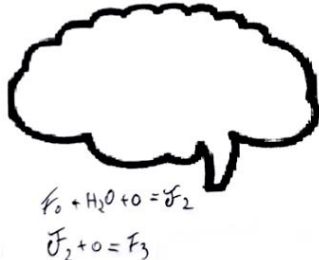
(continua)

A6	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PÓS Q. açúcar	<i>Fenômeno Físico</i> Um copo com água e açúcar dentro se dissolvendo	<i>Fenômeno Químico</i> Fórmula da Sacarose C_{12}, H_{22}, O_{11}	<i>Fenômeno Químico</i> Sacarose: grande parte apolar e uma extremidade polar, o grupo OH → vários hidrogênio fazendo a dissolução	<i>Fenômeno Químico</i> Fenômeno: <u>Químico</u> 
PRÉ Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i> O sal está se dissolvendo, porém mais lentamente	<i>Fenômeno Químico</i> O sal se dissolve na água quente	<i>Não respondeu ou não sabe</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Químico e Físico</u> 
PÓS Q. sal	<i>Fenômeno Físico</i> Um copo com sal e água quente, o sal se diluindo na água	<i>Fenômeno Químico</i> As moléculas de sal se dissolvem mais rápido do que a de açúcar	<i>Fenômeno Químico</i>	<i>Fenômeno Químico</i> Fenômeno: <u>Químico</u> 
PRÉ Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i> Ferrugem	<i>Fenômeno Químico</i> O ferro da ferrugem está absorvendo a umidade	<i>Não respondeu ou não sabe</i>	<i>Fenômeno físico e químico</i> Fenômeno: <u>Químico e Físico</u> 
PÓS Q. ferrugem	<i>Fenômeno Físico</i> Um ferro com cor amarelada de ferrugem	<i>Fenômeno Químico</i> A ferrugem é resultado da oxidação de ferro devido ao contato com o oxigênio presente na água	<i>Fenômeno Químico</i>	<i>Fenômeno Químico</i> Fenômeno: <u>Químico</u> 

(continua)

A7	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. açúcar	Fenômeno Físico 	Fenômeno Químico	Fenômeno físico e químico Macroscópico  Submicroscópico (dissolução ao açúcar comum na água aumenta com o aumento da temperatura). Simbólico 	Fenômeno físico e químico O açúcar dissolve na água Fenômeno:  
PÓS Q. açúcar	Fenômeno Químico Sacarose	Fenômeno Químico	Fenômeno Químico	Fenômeno Químico
PRÉ Q. sal	Não respondeu ou não sabe	Fenômeno Físico	Não respondeu ou não sabe	Não respondeu ou não sabe
PÓS Q. sal	Fenômeno Químico	Fenômeno Químico	Fenômeno Químico	Fenômeno Químico
PRÉ Q. ferrugem	Não respondeu ou não sabe	Fenômeno físico e químico	Não respondeu ou não sabe	Não respondeu ou não sabe
PÓS Q. ferrugem	Fenômeno Químico	Fenômeno Físico	Fenômeno físico e químico Ocorre quando o ferro está a céu aberto e pega chuva e umidade	Fenômeno Químico
A8	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PRÉ Q. açúcar	Fenômeno Físico	Fenômeno físico e químico	Submicroscópico	Fenômeno Físico

(conclusão)

A8	Macroscópico	Submicroscópico	Características	Simbólico
PÓS Q. açúcar	<p>Fenômeno Químico (H₂O e açúcar)</p> 	<p>Fenômeno Químico</p> <p>Fenômeno: <u>Químico</u></p> 	<p>Fenômeno físico e químico</p> <p>O açúcar é a união da glicose e da frutose. Ocorre uma interação entre as moléculas da água com as moléculas junto da glicose como da frutose. Porém as moléculas de água não conseguem quebrá-las. Por causa do carbono que é apolar e a água polar, e apolar com polar não fazem ligação</p>	<p>Fenômeno Químico</p> <p>Fenômeno: <u>Químico</u></p> 
PRÉ Q. sal	<p>Não respondeu ou não sabe</p>	<p>Não respondeu ou não sabe</p>	<p>Não respondeu ou não sabe</p>	<p>Não respondeu ou não sabe</p>
PÓS Q. sal	<p>Fenômeno físico e químico</p>  <p>As moléculas de sal serão quebradas bem mais rápido, pois estão em temperaturas altas</p>	<p>Fenômeno Químico</p> <p>Fenômeno: <u>Químico</u></p> 	<p>Fenômeno físico e químico</p>	<p>Fenômeno físico e químico</p> <p>Fenômeno: <u>Físico químico</u></p> 
PRÉ Q. ferrugem	<p>Fenômeno físico e químico</p>	<p>Fenômeno Químico</p>	<p>Macroscópico</p>	<p>Fenômeno Químico</p>
PÓS Q. ferrugem	<p>Fenômeno físico e químico</p> <p>F₀, F₂, F₃</p> 	<p>Fenômeno Químico</p> <p>Fe⁰, Fe², Fe³</p> <p>Essas são as três etapas pela qual o ferro passa para chegar a "ferrugem" quando chega a Fe³</p>	<p>Fenômeno físico e químico</p> <p>As moléculas da água não são o que geram a ferrugem são apenas o caminho digamos, o que realmente vai fazer gerar o F₂, F₃ é o oxigênio</p>	<p>Fenômeno Químico</p> <p>Fenômeno: <u>Químico</u></p> 

Fonte: Respostas dos estudantes do 1º ano do Ensino Médio (magistério)

APÊNDICE III - MANUSCRITO PUBLICADO EM 2018, NA REVISTA EDUCATION (ROSEMEAD). INTITULADO: “CONCEPTUAL REORGANIZATION OF PHENOMENA INVOLVED IN THE TRANSFORMATION OF MATTER DURING HIGHER EDUCATION.” (ISSN: 2162-8467, <http://www.sapub.org/journal/journalcontactus.aspx?journalid=1006>)

O presente manuscrito aborda sobre a compreensão de fenômenos físicos e químicos por estudantes do Ensino Superior, com base na identificação de 19 fenômenos cotidianos. Para detectar as categorias semânticas dos estudantes e sua evolução, foi utilizada a “Free Categorization Task” (FCT) baseada em Stavridou e Solomonidou (1998). De acordo com o método da FCT, os alunos podem categorizar livremente uma diversidade de fenômenos, de acordo com suas concepções científicas.

Conceptual Reorganization of Phenomena Involved in the Transformation of Matter during Higher Education

Luana Ehle Joras^{1,*}, Blessing Ariyo Afolabi^{2,3}, João Batista Teixeira da Rocha³

¹Postgraduate Program in Sciences, Chemistry of Life and Health, Federal University of Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brazil

²Department of Biochemistry, Bowen University, Bowen, Osun State, Nigeria

³Department of Biochemistry and Molecular Biology, Federal University of Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brazil

Abstract The study involved the understanding of 26 students (15 undergraduate and 11 postgraduate students) in the conceptual change on the transformations of physical and chemical matter through the identification of 19 physical and chemical phenomena that occur in people's everyday lives. The information was collected based on the Free Categorization Task (FCT) [1]. The results show how the students organize their conceptual knowledge according to their levels of education. Thus, it is possible to verify that the increase in the level of education collaborates positively with the understanding and identification of the phenomena involved in the process.

Keywords Phenomena, Conceptual change, Level of education

1. Introduction

Literacy in science education is important for active and informed citizenship in relation to the world and its events. Science education contributes to the process of scientific literacy, as it stimulates students to construct meanings and expand knowledge about the world, enabling them with conditions to amplify culture and perceptions about the use of science and technology. However, in several developing countries, students' performance is very poor, particularly in Brazil, which is among the worst countries in the Programme for International Student Assessment (PISA) ranking in the areas of science, mathematics and reading [2].

The reasons for the low level of literacy in science education and other subjects in Brazil can be attributed to several factors, including the hegemony of traditional approaches to teaching, where the old bureaucratic system of teaching and learning is used. In this regard, Santome [3] encourages teachers to work in an innovative way, where questions arise naturally without imposing them, as it ensures that an inclusive work plan should be free and thought-provoking. The bureaucratic system prioritizes routine learning and the use of low cognitive skills, where teachers have no clear ideas about their students' actual understanding of the subject matter being taught. According to Morin [4], it is necessary to contextualize the subject that

will be taught, as fragmented pieces of information will not be accommodated in the cognitive structure of the learners [5].

In addition to the low level of investment in education, abstract and excessive content of the schools curricula also contribute to the low performance of young students in science education [6-9]. Unfortunately, the problem in basic schools is the same found in most Brazilian universities. Consequently, we can expect pre-service teachers in science courses to be poorly prepared to innovate in their teaching methodologies.

The literature has pointed out difficulties in providing a suitable course of chemistry that covers the basic chemistry concepts, for instance, phenomena occurring in the matter surrounding us and definitions of chemical reaction are not easily understood by students [7-13]. Here we have done a study based on the study by Stavridou and Solomonidou [1] on "Conceptual Reorganization and Construction of the Concept of Chemical Reaction during Secondary Education", to evaluate the conceptions of pre-service chemistry teachers and postgraduate students in biochemistry and science education about change in matter. In particular, we sought to determine whether conceptions improved or not with the level of education.

The conceptual understanding of matter change can be seen as a complex phenomenon. It encompasses an understanding of unique concepts at the atomic level or more complex concepts such as redox reactions and molecular rearrangements [11-13]. In this sense, authors affirm that the distinction between the macroscopic, microscopic and sub-microscopic levels transcends what teachers and textbooks mention [12, 13].

One of the major difficulties in the process of acquiring

* Corresponding author:

luanaehlejoras@gmail.com (Luana Ehle Joras)

Published online at <http://journal.sapub.org/edu>

scientific knowledge by the students is that spontaneous conceptions tend to be resistant to changes [12]. In science education, the models of teaching aiming to stimulate conceptual changes are recent. The teachers' understanding of students' preconceptions or spontaneous conceptions are crucial to facilitate the conceptual changes. Knowledge-related changes can arise through conceptual networks and semantic categories. The semantic categories are accompanied by a set of properties that determine specific categories of a given element. Thus, the semantic categories are adequate to represent conceptual changes, for example, referring to the concepts of transformations of matter by physical and chemical phenomena [14].

A more constructive view of learning considers that we should understand the students' perspective, before and after the proposed activities. The scientific view arises according to the subjects the students need to know and this should be emphasized. The desire to stay in school is associated with the pleasure of the students to learn when they perceive that the subjects can be related to their daily lives [15, 16]. For instance, undergraduate students taught using traditional approaches, for instance, practical activities of the type "follow the cookbook recipes", will have minimal understanding of the contents. This in-turn criticizes the form of the teaching and not the students being taught [8].

In Piaget's constructivist perspective, human knowledge is constructed during the interaction of apprentices with the environment. In effect, the knowledge is the balance between assimilation and accommodation of schemes resulting from the interaction between the individuals and physical objects in the world [5, 17]. In respect to this, many criticisms arise against the traditional teaching, where the student receives information passively without mentioning the previous knowledge acquired during his life, nor whether the new knowledge has been assimilated and accommodated [5, 17]. According to Nunes and Adorni [18], students often fail to learn chemistry because they cannot make a connection between classroom content and everyday life and thus become uninterested in the subject. In addition, chemical models can be very complex and abstract for adolescents [13, 20].

According to Lopes [20], the adaptation of the scientific knowledge to the students' language is a difficult process of transformation of the complex scientific knowledge into more comprehensible set of information for students. The simplification of the knowledge to be taught (scholarly knowledge) has to follow some rules of adaptation and transformation to make it appropriate as learning objects (didactic transposition), without losing its scientific essence. In fact, the use of didactic transposition is a challenge for teachers and the schools accustomed with the bureaucratic system of teaching. Consequently, it is important to reflect not only on the attributes of the knowledge themselves but also the features of the students, their previous knowledge and/or ability for reasoning [21].

For different authors [13, 22], conceptual understanding in chemistry involves the ability to solve problems using three levels of understanding: macroscopically (observable),

molecular or microscopically (particle level) and symbolically. Macroscopically, it covers models of the world based on knowledge about observable chemical phenomena. At the molecular level, the focus is on knowledge based on imagination (e. g what happens to atoms and molecules during physical and chemical changes?). Finally, symbolically, it facilitates explanations of chemical phenomena represented in different ways (for example, mathematically, verbally or in chemical models). Thus, understanding of chemistry involves the ability to reflect macroscopically, molecularly/sub-microscopically and symbolically [13].

Trevisan and Martins [6], reinforce the need to discuss chemical education, prioritizing the contextualisation of contents with students' daily life, allowing the understanding of several issues, such as the disappearance of substances, impacts of the chemical industry on the environment and the production of waste by modern society, among others. Generally, the way in which the content is taught determines the low motivation of the students toward chemistry, since most of the content is viewed as abstract and difficult to comprehend [23]. Contextualization has an important role in teaching-learning because it links knowledge to its origin and application and in addition, stimulates the creativity, imagination, and curiosity of the student [24].

Considering the importance of an in-depth understanding of the basic aspects of the transformation of matter by the future teachers of basic education, the objective of this work was to investigate the conceptual change of students in different levels of university education, using simple questions about some examples of matter transformation that are present in our daily lives.

2. Methodology

Effective science education teaching can facilitate the understanding the phenomena that occur in everyday life from the point of view of chemistry and physics. In order to detect the semantic categories of students and their evolution, the Free Categorization Task (FCT) based on Stavridou and Solomonidou [1] was used. According to the FCT method, students can freely categorize a diversity of daily physical and chemical phenomena according to their own conceptions.

The present study was carried out with the participation of 15 undergraduate students of Chemistry education Course (7th and 8th semester) and 11 postgraduate students of Biological Sciences: Biochemical Toxicology and Sciences Education: Chemistry of Life and Health. These two groups of students of different levels of education provide an idea of the possible conceptual evolution along the levels of education in the university (undergraduate and post-graduate). In the table below, 19 daily phenomena are arranged (Table 1) [1, 25]. Of these, nine phenomena are identified as physical and ten as chemical [1, 25].

Table 1. Everyday phenomena

Physical phenomena	Chemical Phenomena
(1) A falling stone	(10) A nail corroding
(2) A breaking glass	(11) Meat being cooked in the oven
(3) Water boiling	(12) Wood burning
(4) Wax fusing	(13) An apple ripening
(5) Water freezing	(14) A tree's leaves yellowing
(6) Eau de cologne evaporating	(15) Grape juice becoming wine
(7) Salt being added to soup	(16) Milk turning sour
(8) Sugar being added to tea	(17) Chlorine bleaching a dress
(9) Beer frothing	(18) Lemon juice acting on marble
-	(19) An egg boiling

3. Results and Discussion

This study investigated the understandings and conceptions of students in different levels of higher education on questions related to the study of sciences. The results presented in Table 2 and 3 demonstrated that the conceptions of post-graduate students were closer to the scientific knowledge than that of pre-service chemistry teachers.

All the chemistry students classified stone falling as a physical phenomenon. Most of them identified the phenomenon of glass breaking as a physical phenomenon and 73.3% classified the freezing of water as a physical phenomenon. With respect to chemical phenomena, the

highest percentage of responses were: chlorine bleaching of dress (93.3%), curdling milk (86.7%), burning wood (86.7%), baked meat (80%), yellowing of leaf on tree, ripening apple and eroding nail (73.3% of the responses).

Finally, physical-chemical phenomena, with the highest percentage of responses include a boiling egg (40%), evaporation of a perfume (33.3%), boiling of water and beer frothing with 20% of responses (Table 2). One of the students did not respond to breaking glass category and another did not respond to beer froth category. In addition, one of the students responded, listing wine fermentation as both chemical phenomenon and physical-chemical phenomena, and two other students responded that lemon juice on the marble is both chemical phenomenon and physicochemical phenomena.

The results show that 100% of post-graduate students classified stone falling as a physical phenomenon. For chemical phenomena, the greatest numbers of responses were nail corroding with 90.90% of the responses, meat being cooked in the oven, wood burning, ripening apple and yellowing tree leaf with 81.81% and fermentation of wine, curdling milk, chlorine whitening dress, lemon juice on the marble and boiling egg with 72.72% of the answers.

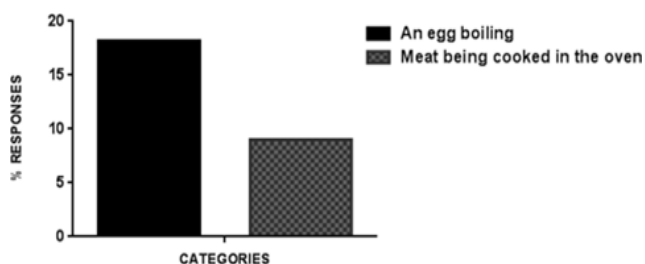
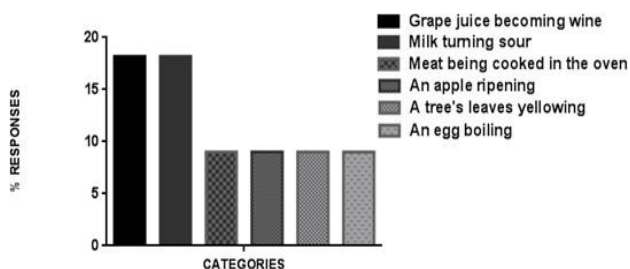
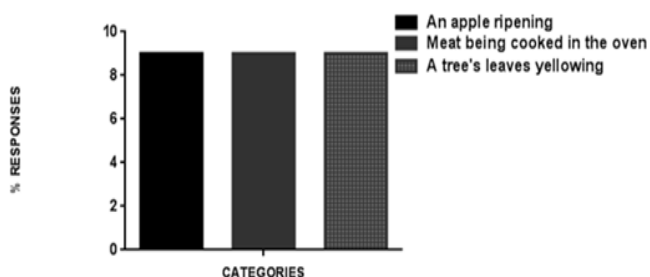
Regarding physical-chemical phenomena, the highest number of responses was: salt added in the soup, sugar added in tea and beer frothing with 27.27% of the responses (Table 3). One student did not respond to breaking glass category, and other categories (chlorine bleaching a dress and lemon juice acting on the marble).

Table 2. Responses from the students of the chemistry course (UFSM) 7th and 8th semester

Phenomena	Physical		Chemical		Physical-Chemical	
A falling stone	15/15	100%	-	-	-	-
A breaking glass	13/15	86,66%	-	-	1/15	6,66%
Water boiling	10/15	66,66%	2/15	13,33%	3/15	20%
Wax fusing	10/15	66,66%	4/15	26,66%	1/15	6,66%
Water freezing	11/15	73,33%	2/15	13,33%	2/15	13,33%
Eau de cologne evaporating	8/15	53,33%	2/15	13,33%	5/15	33,33%
Salt being added to soup	7/15	46,66%	7/15	46,66%	1/15	6,66%
Sugar being added to tea	6/15	40%	7/15	46,66%	2/15	13,33%
Beer frothing	3/15	20%	8/15	53,33%	3/15	20%
A nail corroding	3/15	20%	11/15	73,33%	1/15	6,66%
Meat being cooked in the oven	1/15	6,66%	12/15	80%	2/15	13,33%
Wood burning	1/15	6,66%	13/15	86,66%	1/15	6,66%
An apple ripening	3/15	20%	11/15	73,33%	1/15	6,66%
A tree's leaves yellowing	2/15	13,33%	11/15	73,33%	2/15	13,33%
Grape juice becoming wine	-	-	11/15	73,33%	3/15	20%
Milk turning sour	-	-	13/15	86,66%	2/15	13,33%
Chlorine bleaching a dress	-	-	14/15	93,33%	1/15	6,66%
Lemon juice acting on marble	2/15	13,33%	11/15	73,33%	1/15	6,66%
An egg boiling	2/15	13,33%	7/15	46,66%	6/15	40%

Table 3. Responses from postgraduate students from UFSM

Phenomena	Physical		Chemical		Physical-Chemical	
	Count	%	Count	%	Count	%
A falling stone	11/11	100%	-	-	-	-
A breaking glass	10/11	90,90%	-	-	-	-
Water boiling	8/11	72,72%	2/11	18,18%	1/11	9%
Wax fusing	7/11	63,63%	2/11	18,18%	2/11	18,18%
Water freezing	8/11	72,72%	2/11	18,18%	1/11	9%
Eau de cologne evaporating	4/11	36,36%	5/11	45,45%	2/11	18,18%
Salt being added to soup	-	-	8/11	72,72%	3/11	27,27%
Sugar being added to tea	3/11	27,27%	5/11	45,45%	3/11	27,27%
Beer frothing	2/11	18,18%	6/11	54,54%	3/11	27,27%
A nail corroding	-	-	10/11	90,90%	1/11	9%
Meat being cooked in the oven	-	-	9/11	81,81%	-	-
Wood burning	1/11	9%	9/11	81,81%	1/11	9%
An apple ripening	-	-	9/11	81,81%	-	-
A tree's leaves yellowing	-	-	9/11	81,81%	-	-
Grape juice becoming wine	-	-	8/11	72,72%	1/11	9%
Milk turning sour	-	-	8/11	72,72%	1/11	9%
Chlorine bleaching a dress	1/11	9%	8/11	72,72%	1/11	9%
Lemon juice acting on marble	1/11	9%	8/11	72,72%	1/11	9%
An egg boiling	-	-	8/11	72,72%	-	-

**Figure 1.** Biological phenomena**Figure 2.** Chemical-biological phenomena**Figure 3.** Physical-chemical-biological phenomena

The manner in which the students organized their interpretations shows difficulties in classifying the phenomena. According to Kozma and Russel [26], novice students have greater difficulties than the more experienced professional chemist to classify the daily lives phenomena in physical, chemical or physico-chemical. Here we also observed that post-graduate students constructed new classes of phenomena. Such as, biological phenomena to explain a boiling egg or meat being cooked in the oven (Figure 1).

Another class created by post-graduate students was chemical-biological phenomena for wine fermentation, curdling milk, meat being cooked in the oven, ripening apple, yellowing tree leaf and boiling egg (Figure 2). Finally, physicochemical-biological phenomena with 9% of responses to ripening apple, a meat being cooked in the oven and yellowing tree leaves (Figure 3).

Research in the classroom can be a way of teaching, where the teacher has to evaluate the evolution of students' concepts. To this end, the teacher has to define pedagogical situations that encourage the learning and critical thinking of their students [27]. In addition, a proficuous interaction between students and teacher is a positive way to stimulate the discussions in the classroom, encouraging a more effective teaching-learning practice.

4. Conclusions

The conceptual change of students should be emphasized by science teachers and researchers in order to improve the students' conceptions. In this way, it is important to develop more effective pedagogical approaches to facilitate the

understanding of daily life phenomena at the macroscopic and microscopic level.

It was noticed here that the number of correct identifications of the phenomena improved somewhat with the level of education of the students. Post-graduate students tended to better understand that physical and chemical phenomena can occur simultaneously and have proposed new categories to explain the phenomena.

Despite of the tendency of post-graduate students to perform better than pre-service chemistry teachers, the levels of abstract reasoning of all the students were far from the expected for their educational levels. The main qualitative impression was that students did not explore the molecular or microscopic (and sub-microscopic or atomic and abstract levels) reasoning properly. Indeed, the results indicate that pre-service teachers and post-graduate students should be introduced to the triangulation approach [13] in order to better perceive and learn about the microscopic and symbolic aspects involved in the transformation of matter.

REFERENCES

- [1] Stavridou, H., and Solomonidou, C., 1998. Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *International Journal of Science Education*, 20(2), 205-221.
- [2] Brasil no PISA 2015. Análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros. OCDE-Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. São Paulo, Brasil: Fundação Santillana, 2016.
- [3] J. T. Santome. *Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- [4] E. Morin. *A cabeça bem-feita: Repensar a reforma, reformar o pensamento*, 7th ed., Rio de Janeiro: Bertrand, 2002.
- [5] Jean, P. 1977. Problems of equilibration. In *Topics in cognitive development*. Boston: Springer, v. 1, 3-13.
- [6] Trevisan, T., and Martins, P. 2006. A prática pedagógica do professor de química: possibilidades e limites. *UNIrevista*, v. 1, n. 2.
- [7] Rocha, J., and Soares, F. 2005. O ensino de ciências para além do muro do construtivismo. *Ciência e Cultura*, v. 57, n. 4.
- [8] Johnstone, A. H., 1980. Nyholm Lecture: Chemical education research: Facts, findings, and consequences. *Chemical Society Reviews*, 9, 365-380.
- [9] Cuellar, L., Quintanilla, M., Marzábal A., 2012. "The Importance of the History of Chemistry in School Education. Analysis of pre-service Teacher's Conceptions and Development of Teaching Materials". *Education*, 2(7), 247-254.
- [10] Zoller, U., and Tsaparlis, G., 1997. Higher-order and lower-order cognitive skills: the case of chemistry. *Research in Science Education*, 27, 117-130.
- [11] Laugier, A., and Dumon, A., 2004. The equation of reaction: a cluster of obstacles which are difficult to overcome. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 327-342.
- [12] Hesse, J., and Anderson, C., 1992. Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 277-299.
- [13] Thomas, G. P., 2017. Triangulation: an expression for stimulating metacognitive reflection regarding the use of 'triplet' representations for chemistry learning. *Chem. Educ. Res. Pract*, 18, 533-548.
- [14] Le Ny, J.F. Cognitive science and semantic representations. In *Cognition, Semantics and Philosophy*. Dordrecht: Springer, (pp. 273-292). 1992.
- [15] Gott, R., and Johnson, P. M., 1999. Science in schools: time to pause for thought. *School Science Review*, 81(295), 21-28.
- [16] J. Araujo. "Avaliação X Repetência e os reflexos do sistema educacional no desenvolvimento de adolescentes: um estudo realizado com alunos no interior do estado de Minas Gerais e do interior do estado do Rio de Janeiro". *Volta Redonda: UniFOA*, 2009.
- [17] J. Piaget. *Biologia e Conhecimento*. Petrópolis: Vozes, 1996.
- [18] A. Nunes, and D. Adorni. *O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos*. Vitória da Conquista: Enditras, 2010.
- [19] Niroj, S., Srisawasdi, N., 2014. A blended Learning Environment in Chemistry for Promoting Conceptual Comprehension: A Journey to Target Students' Misconceptions. Paper presented at 22nd International Conference on Computers in Education, 307-315.
- [20] A. Lopes. *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 236 p. 1999.
- [21] Wartha, E. J., Santos, C. M. A., Silva, R. A. G., Jesus, R. M., 2013. The Concept of Electronegativity: Approximations and Separations in Chemistry Textbooks. *Education*, 3(2), 113-117.
- [22] Bowen, C.W., 1998. Item design considerations for computer-based testing of student learning in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 75, 1172-1175.
- [23] Cardoso, S. P., and Zienkiewicz, O. C., 2000. Explorando a Motivação para Estudar Química. *Química Nova*, 23(3), 401-404.
- [24] T. Lubart. *Psicologia da criatividade*. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- [25] Stavridou, H., and Solomonidou, C., 1989. Physical phenomena – chemical phenomena: do pupils make the distinction?. *International Journal of Science Education*, 11(1), 83-92.
- [26] Kozma, R. B., Russell, J., 1997. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 949-968.
- [27] J. González, N. Escartín, J. García, T. Jimenéz. ¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?. *Colección Investigación y Enseñanza*. Sevilla: Díada, 1999.