

A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO ALIADA À TECNOLOGIA DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)

Carla Moraes Rodrigues

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química de Vida e Saúde, Área de Concentração em Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências.

Orientadora: Prof^a. Dra. Inés Prieto Schmidt Sauerwein

Santa Maria, RS, Brasil

2011

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**A INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO
ALIADA À TECNOLOGIA DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO
GLOBAL (GPS)**

elaborada por
Carla Moraes Rodrigues

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências

COMISSÃO EXAMINADORA:



Inés Prieto Schmidt Sauerwein, Dra.
(Presidente/Orientador)



Isabel Krey, Dra. (UFSM)



João Batista Siqueira Harres, Dr. (PUCRS)

Santa Maria, 26 de abril de 2011.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, João Carlos de Moraes e Cléa Lair Porto Moraes, pelo enorme carinho e pelos valiosos valores que me ensinaram ao longo de toda minha vida. Ao meu esposo, Creone Teixeira Rodrigues, pelo apoio e companheirismo de sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela saúde, fé e esperança concebida a mim todos os dias.

À Professora Inés Prieto Schmidt Sauerwein, que aceitou orientar este trabalho, fazendo-o de forma paciente e comprometida, além de sempre me incentivar nos novos caminhos.

Ao professor Ricardo Andreas Sauerwein, pelo importante auxílio na elaboração das aulas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e do curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal da Santa Maria, pelas contribuições à minha formação, em especial ao professor Joecir Palandi, pelas importantes sugestões ao trabalho.

Aos colegas do PPG, pela convivência durante o período do mestrado, em especial à Janessa, pela grande amizade e companheirismo.

Aos colegas do grupo Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências.

A toda a minha família, que sempre esteve torcendo por mim, em particular aos meus pais, que são minha base de apoio, e ao Cre pelo afeto e incentivo.

E por último, porém não menos importante, ao professor Luiz Celso e aos alunos, que foram os motivadores deste trabalho.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da
Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO ALIADA À TECNOLOGIA DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)

AUTORA: CARLA MORAES RODRIGUES
ORIENTADORA: INÉS PRIETO SCHMIDT SAUERWEIN
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 de abril de 2011.

A inserção da Física Moderna no Ensino Médio (EM) vem sendo fortemente defendida por pesquisadores da área de educação em Ciências e de ensino de Física. Neste trabalho, apresentam-se os resultados de uma pesquisa sobre a inserção da Teoria da Relatividade Restrita no EM, via estudo do funcionamento do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Para tal, foi estruturado um planejamento didático com 13 (treze) aulas, que foram implementadas em aulas de Física do 2º ano do EM de uma escola do município de Santa Maria - RS. Para a elaboração do planejamento, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o assunto Teoria da Relatividade em periódicos nacionais e internacionais no período de 2005 a 2009. Os resultados da revisão foram obtidos a partir do estudo de duas visões distintas, porém complementares: extensão e profundidade. A primeira visão mostra o escasso número de artigos sobre Relatividade. A partir da segunda abordagem, foram identificados cinco conjuntos de trabalhos: inserção da relatividade no ensino médio; proposta de abordagem da relatividade; utilização de hipermídias ou softwares no ensino da relatividade; original; textos de divulgação científica. Durante a implementação das aulas, foram trabalhadas com os alunos atividades que foram desenvolvidas sob um olhar das competências preconizadas pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (PCN+). A partir da análise e caracterização das respostas escritas dos alunos, foram obtidos os resultados das atividades. A análise foi realizada de acordo com a metodologia qualitativa de análise de conteúdo proposta por Bardin (1988). As respostas às atividades deram indícios de que as competências de modelização e abstração foram incorporadas através da transposição didática do conteúdo Teoria da Relatividade Restrita. Além disso, como perspectiva futura, delineou-se uma possível aproximação com professores em exercício no EM, proporcionando a estes momentos de formação continuada, discutindo aspectos de um planejamento didático e processos avaliativos.

Palavras – Chave: Teoria da Relatividade Restrita, GPS, Ensino Médio, Parâmetros Curriculares Nacionais, Planejamento Didático.

ABSTRACT

Master Course Dissertation
Graduate Program in Education Sciences: Chemistry of Life and Health
Universidade Federal de Santa Maria

INSERTION OF MODERN PHYSICS IN SECONDARY EDUCATION ALLIED TO THE TECHNOLOGY OF THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM

AUTHOR: CARLA MORAES RODRIGUES
ADVISER: INÉS PRIETO SCHMIDT SAUERWEIN
Defense Place and Date: Santa Maria, April 26, 2011.

The introduction of Modern Physics in High School (HS) has been highly recommended by researchers of the area of science education and physics teaching. In this paper, we will present the results of a study about the insertion of the Theory of Restricted Relativity in (HS) through the study of the operation of the Global Positioning System (GPS). For that purpose, a didactic planning was structured in 13 (thirteen) classes, which were implemented in Physics classes of the second grade of High School in a school of the municipality of Santa Maria - RS. For the development of the project, a literature review was carried out on the Theory of Relativity in national and international journals from 2005 to 2009. The results of the review were obtained from the study of two distinct but complementary views: length and depth. The first view shows scarcity of articles on Relativity. From the second approach, five sets of works were identified: insertion of relativity in High School; proposal of approaching relativity; use of hypermedia or software for teaching relativity; original; popular science texts. During the implementation of the classes, students worked with activities developed from the perspective of the competences advocated by the official document Supplementary Educational Instructions to the National Curriculum Parameters – Secondary Education (PCN+). The results of this work were obtained from the analysis and characterization of the written answers provided by students to the activities. The analysis was realized according to the qualitative method of content analysis proposed by Bardin (1988). The answers to the questions indicated that the skills of modeling and abstraction were incorporated through didactic transposition of the Theory of Restricted Relativity content. Moreover, as a future perspective, we outlined a possible approach to practicing teachers of HS so as to provide continuing education in which these teachers can discuss aspects of didactic planning and of evaluation processes.

Keywords: Theory of Restricted Relativity, GPS, High School, National Curriculum Parameters, Didactic Planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Periódico RBEF.....	25
Quadro 2 – Periódico IENCI.....	26
Quadro 3 – Periódico CBEF.....	26
Quadro 4 – A Física na Escola.....	27
Quadro 5 – Revista Enseñanza de las Ciencias.....	28
Quadro 6 – Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.....	28
Quadro 7 – Síntese das aulas do Planejamento Didático.....	51
Esquema 1 – Distribuição das Aulas e Atividades.....	57
Figura 1 – Tirinha referente a questão 7.....	60
Quadro 8 – Número de atividades relacionadas a cada competência.....	64
Quadro 9 - Representações dos grupos referente à atividade 1.....	66
Quadro 10 – Síntese da análise das respostas da Atividade 1.....	69
Quadro 11 – Respostas dos grupos à atividade 2.....	70
Quadro 12 – Síntese da análise das respostas da Atividade 2.....	72
Quadro 13 - Respostas dos grupos à Atividade 3.....	73
Quadro 14 – Síntese da análise das respostas da Atividade 3.....	76
Quadro 15 - Respostas dos grupos à atividade 3.1.....	77
Quadro 16 – Síntese da análise das respostas da Atividade 3.1.....	80
Quadro 17 - Respostas dos grupos à atividade 3.2.....	82
Quadro 18 – Síntese da análise das respostas da Atividade 3.2.....	83
Quadro 19 - Respostas dos grupos à atividade 4.....	84
Quadro 20 – Síntese da análise das respostas da Atividade 4.....	85
Quadro 21 - Respostas dos grupos à atividade 5.....	87
Quadro 22 – Síntese da análise das respostas da Atividade 5.....	89
Quadro 23 - Respostas dos grupos à atividade 6.....	90
Quadro 24 – Síntese da análise das respostas da Atividade 6 a).....	93
Quadro 25 – Síntese da análise das respostas da Atividade 6 b).....	94
Quadro 26 - Respostas dos grupos à atividade 7.....	95
Quadro 27 – Síntese da análise das respostas da Atividade 7 a).....	98
Quadro 28 – Síntese da análise das respostas da Atividade 7 b).....	99
Quadro 29 - Respostas dos grupos à atividade 8.....	101
Quadro 30 – Síntese da análise das respostas da Atividade 8.....	102
Quadro 31 - Respostas dos grupos à atividade 9.....	103
Quadro 32 – Síntese da análise das respostas da Atividade 9.....	105
Quadro 33 – Respostas das duplas à Questão 1.....	107
Quadro 34 – Respostas das duplas à Questão 2.....	109
Quadro 35 – Respostas das duplas à Questão 3.....	111
Quadro 36 – Respostas das duplas à Questão 4.....	113
Quadro 37 – Respostas das duplas à Questão 5.....	115
Figura 2 - Ilustração referente à questão 6.....	116
Quadro 38 – Respostas das duplas à Questão 6.....	117
Quadro 39 – Respostas das duplas à Questão 7.....	118
Quadro 40 – Respostas das duplas à Questão 8.....	120
Quadro 41 – Respostas das duplas à Questão 9.....	121
Quadro 42 – Respostas dos alunos à Questão 2 da Avaliação da Aprendizagem.....	123
Quadro 43 – Respostas dos alunos à Questão 4 da Avaliação da Aprendizagem.....	129

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de matrículas no Ensino Médio (EM), Normal/Magistério e Integrado no ano de 2009	43
Gráfico 2 - Número de matrículas no Ensino Médio (EM) no ano de 2005.....	44
Gráfico 3 - Número de ingressos nos Cursos de Graduação em 2008 por Vestibular, Outros Processos Seletivos e Outras Formas de Ingresso.....	45
Gráfico 4 - Número de Ingressos no Ensino Superior por Área do Conhecimento em Ciências	46
Gráfico 5 - Número de Ingressos no ensino superior em cursos de formação de professores da área de Ciências.....	47
Gráfico 6 – Notas dos alunos referente à contribuição das aulas.....	122
Gráfico 7 – Avaliação dos alunos referente à aproximação entre TRR e GPS.....	125

LISTA DE ABEVIATURAS E SIGLAS

EM – Ensino Médio.

GPS – Sistema de Posicionamento Global¹.

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

RBEF - Revista Brasileira de Ensino de Física.

RBPEC - Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.

IENCI - Investigações em Ensino de Ciências.

SBF - Sociedade Brasileira de Física.

ABRAPEC - Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FAE - Faculdade de Educação.

CBEF - Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.

Unesp - Universidade Estadual Paulista

NARST - Associação Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências

REEC - Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias

TER - Teoria Especial da Relatividade

TRR - Teoria da Relatividade Restrita

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

¹ A sigla é uma tradução.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
1. OBJETO DE ESTUDO.....	14
1.1 Elementos que Nortearam o Planejamento Didático.....	19
1.1.1 A Teoria da Relatividade nos Periódicos.....	19
1.1.2 Aspectos de um Planejamento Didático.....	40
2. O PLANEJAMENTO E AS ATIVIDADES	49
2.1 Planejamento Didático	50
2.2 Atividades.....	57
2.2.1 Representação e Comunicação	58
2.2.2 Investigação e Compreensão.....	59
2.2.3 Contextualização Sócio-cultural	62
3. RESULTADOS.....	65
3.1 Análise das Respostas das Atividades a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais	65
3.2 Análise das Respostas da Avaliação da Aprendizagem.....	107
3.3 Avaliação da Implementação do Planejamento	122
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
REFERÊNCIAS	137
APÊNDICES	144
Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	144
Apêndice B - Questionário de avaliação da implementação	147

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação se insere na linha de pesquisa Educação Científica: Processos de Ensino e Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Nesta linha de pesquisa, são realizados estudos relativos ao campo da didática das ciências que envolvem investigação dos problemas do ensino e da aprendizagem das ciências.

Em consonância com pressupostos estabelecidos pela linha de pesquisa, o presente estudo buscou inserir no Ensino Médio (EM) conteúdos que tradicionalmente não são trabalhados neste nível de ensino, além de investigar a potencialidade de inserção de conteúdos da Física Moderna, através de uma aproximação entre a Teoria da Relatividade Restrita e o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

É praticamente consensual entre os pesquisadores em ensino de Física a inserção da Física Moderna no Ensino Médio, sob a justificativa de levar conhecimentos que sejam contemporâneos e que façam parte da vida do homem moderno à sala de aula, com o intuito de motivar os alunos a compreenderem fenômenos que envolvam conceitos físicos. Os conteúdos da Física Moderna estão muitas vezes presentes no cotidiano dos estudantes, o que pode promover um maior interesse destes para com as aulas de Física. Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN +), a abordagem de conteúdos de Física Moderna no EM se faz necessária, porque:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores (MEC-SEMTEC, 2002, p. 70).

Buscando aproximar os alunos do EM de uma visão mais abrangente da Física, e ao mesmo tempo, tentando aproximá-los de utensílios tecnológicos contemporâneos, como preconizam os PCN+, os objetivos desta pesquisa são:

- Realizar uma revisão de literatura na área de pesquisa em ensino de Física no que tange à inserção da Teoria da Relatividade no Ensino Médio.
- Elaborar planejamentos didáticos que tratem da teoria da relatividade.
- Implementar os planejamentos didáticos em aulas de Física do Ensino Médio.
- Avaliar tal implementação.

Buscando alcançar os objetivos propostos, são colocadas as seguintes perguntas de pesquisa:

1. É possível fazer a transposição didática da Teoria da Relatividade Restrita para uma linguagem acessível ao Ensino Médio?
2. Como usar utensílios tecnológicos para ensinar conteúdos que não estão vinculados diretamente ao cotidiano dos alunos?
3. De que maneira o estudo da Teoria da Relatividade Restrita pode contribuir no desenvolvimento das competências de modelização e abstração?

Com o fim de atingir os objetivos apresentados e responder as questões propostas, a presente dissertação é estruturada em 4 (quatro) capítulos. No **Capítulo 1**, é apresentado um estudo do assunto Teoria da Relatividade nas publicações da área de pesquisa em Educação em Ciências/Ensino de Física. Este estudo foi realizado em periódicos nacionais e internacionais no período de 2005 a

2009. A partir da análise dos artigos selecionados, foram elaboradas categorias que agruparam os artigos com características semelhantes. Além disso, são apresentados os elementos que nortearam o planejamento didático, os quais são constituintes do diagnóstico do assunto Teoria da Relatividade em 10 (dez) periódicos nacionais e internacionais, e uma reflexão sobre que aspectos deveriam ser contemplados em um planejamento didático. Nesta reflexão, busca-se uma aproximação para as perguntas: **O que ensinar?; Por que e para que ensinar ciências?** e **Para quem ensinar ciências?**. Resumidamente, pode-se dizer que o primeiro capítulo busca delimitar caminhos que nortearão o planejamento didático.

No **Capítulo 2**, é apresentado o planejamento didático, com a descrição das 13 (treze) aulas. Além disso, são analisadas as atividades desenvolvidas durante as aulas sob um olhar das competências propostas pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Física (PCN+). Nesta análise, as atividades com características semelhantes são agrupadas em categorias.

O **Capítulo 3** do presente trabalho traz os resultados da implementação do planejamento didático. Primeiramente, são analisadas as respostas dos alunos para as atividades propostas. Em um segundo momento, são analisadas e discutidas as respostas dos alunos para a avaliação da aprendizagem dos conceitos estudados nas aulas. Também são apresentados os resultados obtidos em um questionário referente à implementação do planejamento.

E, finalmente, no **Capítulo 4**, são apresentadas as considerações aos capítulos anteriores com o intuito de indicar desafios e perspectivas à inserção da Física Moderna no EM.

1. OBJETO DE ESTUDO

São muitos os trabalhos na área de educação em Ciências que tratam da questão do papel que a ciência desempenha como formadora de opinião e como agente de transformação social. Brito e Sá (2010), ao abordarem assuntos da atualidade no Ensino Médio, alegam que:

[...] a introdução de aspectos sócio-científicos no currículo de ciências tem sido recomendada com diferentes propósitos, entre os quais se destaca o de encorajar os alunos a desenvolver uma ação social responsável a partir de questões vinculadas à sua realidade (BRITO e SÁ, 2010, p. 506).

Ao mesmo tempo, os trabalhos publicados na área evidenciam a necessidade de inserir nas aulas conhecimentos recentes em ciência e tecnologia, além de destacarem que são poucas as efetivas inserções destes assuntos na sala de aula. Sobre este aspecto, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) afirmam que:

[...] o desafio de incorporar conhecimentos contemporâneos em ciência e tecnologia no cotidiano escolar vem sendo contínuo e sistematicamente exposto nos últimos 20 anos, com respostas muito acanhadas de todo o sistema escolar, incluindo a graduação (DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO, 2007, p. 35 e 36).

Tanto os autores citados anteriormente como também, Terrazzan (1992), defendem um ensino de ciências que contemple aspectos da vida dos alunos. Mais especificamente no caso da disciplina de Física, muitos defendem a inserção no EM de conteúdos relacionados à Física Moderna e Contemporânea como, por exemplo, Ostermann e Moreira (2000) e Oliveira e Viana (2004). Segundo Tipler e Mosca (2006), a aplicação da Relatividade Restrita e, particularmente da Teoria Quântica, a sistemas microscópicos como átomos, moléculas e núcleos atômicos levou a uma compreensão detalhada dos sólidos, líquidos e gases, sendo conhecida como Física Moderna.

Para Alonso e Finn (1992), nos fins do século XX, ocorreu uma revolução conceitual na Física graças ao refinamento dos métodos experimentais e das observações. Segundo os autores, os principais responsáveis por tal revolução foram Albert Einstein e Max Planck que, com o desenvolvimento das Teorias da Relatividade e da Mecânica Quântica, possibilitaram uma melhor compreensão dos fenômenos naturais. Estes autores apontam que “as novas teorias que representam uma visão mais unificada dos fenômenos naturais, evoluíram para aquilo que se tem chamado de Física ‘Moderna’ e exigiram a reavaliação dos ramos ‘clássicos²”.

Um das justificativas apontadas pelos pesquisadores em ensino de Física para a inserção da Física Moderna no EM se baseia no potencial que estes conteúdos têm em fornecer a explicação científica para utensílios tecnológicos do cotidiano dos estudantes, como, por exemplo, aparelho de microondas, laser, refrigerador, raios X, GPS, entre outros. Terrazzan (1992), ao escrever sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea no EM, destaca a relevância de assuntos do cotidiano dos estudantes e aponta que:

O cotidiano a que nos referimos inclui não só aspetos derivados do sistema produtivo e da realidade geral em que vivemos, mas também a satisfação da curiosidade natural inerente ao ser humano, que o impulsiona na busca do conhecimento, e a satisfação das solicitações incentivadas pelos meios de comunicação (TERRAZZAN, 1992, p. 209).

Deste modo, os conteúdos relacionados à Física Moderna e Contemporânea também podem fornecer subsídios para que os alunos possam atender suas curiosidades e ter opinião crítica sobre assuntos que estão na mídia em geral.

Ostermann e Moreira (2000), ao realizarem revisão bibliográfica acerca da área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no EM, apontaram algumas das justificativas que pesquisadores da área expõem para a inserção destes conteúdos. Algumas das justificativas estão listadas a seguir:

- Despertar a curiosidade dos alunos.

² Ao citar ramos clássicos, os autores referem-se à mecânica, termodinâmica, acústica, óptica e eletromagnetismo. (ALONSO e FINN, 1992, p.1)

- Conhecer a Física desenvolvida além de 1900.
- Mostrar as múltiplas e evidentes conseqüências tecnológicas da Física Moderna.

Oliveira e Vianna (2004) justificam a inserção da Física Moderna e Contemporânea no EM pelo fato de esta fazer parte da estrutura conceitual da Física, acrescentando que:

[...] não se pode discutir o papel da ciência Física na sociedade atual sem o mínimo de entendimento dos temas relativos à produção científica na atualidade (OLIVEIRA, VIANNA, 2004, p.2).

Por meio das justificativas apresentadas por alguns dos autores que defendem a abordagem de assuntos que contemplem a Física Moderna e Contemporânea no EM, observa-se que é praticamente consensual a necessidade do ensino da produção científica atual, tanto por suas aplicações tecnológicas como para a compreensão de assuntos comentados nos meios de comunicação.

Pode-se citar como exemplo de assunto relacionado à Física Moderna e às aplicações tecnológicas a Teoria da Relatividade Restrita. Em 1905, Albert Einstein elaborou a Teoria da Relatividade, que se aplicava a casos de observadores em movimento uniforme relativo. Segundo Alonso e Finn (1992), esta teoria alterou os conceitos de espaço e de tempo, de matéria e de energia, além de renovar a base para a análise de fenômenos que ocorrem em altas energias. Em 1916, Einstein formulou uma teoria mais geral da relatividade, que levou em conta a gravitação e que, recebeu o nome de Teoria da Relatividade Geral. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um exemplar de aplicação tecnológica da Teoria da Relatividade, uma vez que, se não fossem considerados os efeitos relativísticos, os relógios dos satélites não teriam a precisão necessária³ para o eficaz funcionamento do sistema.

Até o momento, destacaram-se as justificativas e potencialidades de assuntos da Física Moderna e Contemporânea, mas não se pode deixar de mencionar que o

³ Informação disponível em www.astronomy.ohio-state.edu. Acesso dezembro de 2010.

conhecimento científico, muitas vezes, não se encontra na linguagem adequada para ser incorporado nas aulas do Ensino Fundamental ou Médio. Ostermann e Moreira (2001, p. 136) apontam que os conteúdos relacionados à Física Moderna, algumas vezes são muito densos, demandando conhecimentos prévios que, em geral, professores do EM e especialistas em ensino que não estão vinculados às áreas relacionadas à Física Moderna não possuem. Desta forma, a inserção na escola de assuntos que são oriundos do trabalho científico mais recente e que tradicionalmente não são trabalhados em sala de aula não é algo que pode ser realizado de forma direta. As formas de transposição destes assuntos para o âmbito da escola deve ser foco de estudo nos cursos de licenciatura (Formação Inicial) e com professores em exercício no EM (Formação Continuada).

Neste sentido, em uma pesquisa realizada com professores, Oliveira; Vianna e Gerbassi (2007) afirmam que:

[...] Não basta introduzir novos assuntos que proporcionem análise e estudos de problemas mais atuais se não houver uma preparação adequada dos alunos das licenciaturas para esta mudança e se o profissional em exercício não tiver a oportunidade de se atualizar. Os professores precisam ser os atores principais no processo de mudança curricular, pois serão eles que as implementarão na sua prática pedagógica (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007, p. 448).

Em relação à transposição comentada anteriormente, alguns autores classificam os conhecimentos oriundos da produção da comunidade científica como o saber. Para Alves Filho (2000, p. 178), “[...] é inegável que entre o que é produzido e entendido como saber e o que é ensinado na sala de aula, existem diferenças significativas.” Este mesmo autor sugere como possibilidade de acesso a estes conhecimentos em sala de aula o uso da transposição didática. Também Kiouranis, Sousa e Filho (2010, p. 200) afirmam que “No âmbito da comunicação de saberes, qualquer ação pedagógica se realiza por meio de uma transposição didática [...]”.

Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007, p. 187), “O complexo caminho percorrido entre o contexto de produção das teorias e modelos até sua inclusão no currículo escolar constitui um processo – algumas vezes denominado de transposição didática [...]”. Os mesmos autores indicam que a transposição didática foi um conceito desenvolvido no ano de 1975 pelo sociólogo Michel Verret e

introduzido na área da educação matemática por Yves Chevallard. Segundo Chevallard (2009), a teoria da transposição didática começou a ser desenvolvida por ele, em 1980, em uma Escola de Verão de didática da matemática. Para este autor, a transposição didática se constitui como ferramenta de passagem do *saber sábio* ao *saber ensinado*, tendo entre estes uma diferenciação obrigatória. O autor refere-se ao *saber sábio* como sendo aquele oriundo das pesquisas científicas e divulgado pelos pesquisadores; ao passo que, o *saber ensinado* é aquele que será lecionado aos alunos. A diferenciação entre os saberes se refere à impossibilidade de serem diretamente trabalhados em sala de aula os saberes produzidos pela comunidade científica.

Na visão dos autores Brockington e Pietrocola (2005), ao elaborar a teoria da Transposição Didática, Chevallard teve como objetivo destacar que os conhecimentos abordados na educação básica não devem ser apenas simplificações dos conhecimentos elaborados em contextos de pesquisa. Sendo assim, destaca-se a relevância da Transposição Didática por parte dos professores no planejamento de suas aulas, no que tange aos assuntos referentes à divulgação científica, para que os alunos não tenham uma visão distorcida do saber produzido pelos cientistas, bem como para que não formulem concepções errôneas acerca dos conteúdos abordados.

Outro ponto a ser destacado diz respeito ao planejamento das aulas. Villani (1991) expõe que “[...] é possível pensar o planejamento didático como um efetivo instrumento de trabalho para orientar as atividades escolares.” Assim, destaca-se o planejamento didático, salientando a característica deste como componente orientador da prática docente. Tratando-se do planejamento das aulas referentes aos conteúdos relacionados a novas tecnologias ou a temas contemporâneos, alguns autores argumentam que estes apresentam um grau de dificuldade maior quando comparado àqueles tradicionalmente trabalhados no ensino fundamental ou médio. No entanto, cabe destacar que as possíveis dificuldades encontradas pelos professores, ao planejar e inserir tais conteúdos nas aulas de Ciências, não se resumem a dificuldades conceituais, pois conforme indicam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007):

A atuação profissional dos professores das Ciências no ensino fundamental e médio [...] constitui um conjunto de saberes e práticas que não se reduzem a um competente domínio dos procedimentos, conceituações, modelos e teorias científicos (DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO, 2007, p. 31 e 32).

Buscando identificar o conjunto dos saberes e práticas que caracterizam a atividade docente, a próxima seção trata de alguns aspectos que serviram como pressupostos para a elaboração das aulas do planejamento didático.

1.1 Elementos que Nortearam o Planejamento Didático

O Planejamento didático teve sua elaboração baseada no estudo do tema nas publicações da área de pesquisa em Educação em Ciências/Ensino de Física e nos aspectos de um planejamento didático, descritos na sequência. O estudo foi realizado em dez (10) periódicos, entre os quais dois (2) são espanhóis e um (1) é norte-americano, no período de 2005 a 2009.

1.1.1 A Teoria da Relatividade nos Periódicos

Para o presente estudo, inicialmente foram selecionados os periódicos. Os periódicos de pesquisa de todas as áreas do conhecimento são avaliados de acordo com critérios estabelecidos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Segundo este órgão, a classificação dos periódicos brasileiros é realizada pelas áreas de avaliação e passa por um processo anual de atualização. Esses

periódicos são enquadrados em estratos indicativos da qualidade - A1, o mais elevado; A2; B1; B2; B3; B4; B5; e C - com baixa relevância de publicação.

Após a escolha dos periódicos, destacados a seguir, foram selecionados os artigos que abordavam o assunto relatividade. A partir da leitura destes, foram elaboradas categorias com a finalidade de agrupar os artigos com características semelhantes.

Os procedimentos de análise adotados neste trabalho são os seguintes:

- Leitura dos índices dos periódicos.
- Contagem do total de artigos publicados, por volume, por periódico e por ano.
- Leitura preliminar dos resumos dos artigos com o objetivo de selecionar aqueles relacionados à relatividade, tanto a Teoria da Relatividade Restrita (ou Especial) como a teoria da Relatividade Geral.
- Contagem do número total de artigos publicados sobre relatividade, por volume, por periódico e por ano.

A etapa de coleta das informações contidas nos artigos selecionados englobou:

- Leitura exploratória dos artigos selecionados.
- Leitura em profundidade destes artigos.
- Agrupamento dos artigos com características semelhantes.
- Definição e caracterização das categorias.

A caracterização dos artigos selecionados sobre Relatividade, publicados em dez (10) periódicos, entre os quais dois (2) são espanhóis e um (1) é norte-americano, baseou-se no procedimento de análise de conteúdo proposto por Bardin (1977), o qual é descrito com maior detalhamento na seção que apresenta a metodologia da pesquisa.

Periódicos

Os periódicos selecionados para o estudo foram Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Investigações em Ensino de Ciências, Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, A Física na Escola, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Enseñanza de las Ciencias e Journal of Research in Science Teaching. Para uma breve contextualização, pode-se apresentá-los da seguinte forma:

- **Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)** – Esta é uma revista de acesso livre da Sociedade Brasileira de Física (SBF) que teve sua primeira publicação no ano de 1979. Segundo os critérios de avaliação da CAPES, o periódico RBEF tem estrato de qualidade B1. Constam na página da revista (www.sbfisica.org.br/rbef) o foco e o escopo da revista, que é voltada para a divulgação da Física e Ciências, como mostrado a seguir:

A Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), é uma publicação trimestral mantida pela Sociedade Brasileira de Física – SBF – e dedicada aos aspectos culturais e instrucionais da Física, visando atingir um público abrangente formado por pesquisadores, alunos de pós-graduação, professores de Física em todos os níveis, e a comunidade que atua na pesquisa e desenvolvimento de metodologia e materiais para o ensino no país, bem como atuar na divulgação da Física e Ciências afins.(REVISTA BRASIEIRA DE ENSINO DE FÍSICA)

- **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)**- Esta revista teve sua primeira publicação no ano de 2001. A mesma é publicada sob a chancela da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e tem estrato A2. Segundo a página da revista (www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html), a missão deste periódico baseia-se em:

[...] disseminar resultados e reflexões advindos de investigações conduzidas na área de Educação em Ciências, com ética e eficiência, de forma a contribuir para a consolidação da área, para a formação de pesquisadores, e para a produção de conhecimentos em Educação em Ciências, que fundamentem o desenvolvimento de ações educativas responsáveis e comprometidas com a melhoria da educação científica e com o bem estar coletivo em nível local e global (REVISTA BRASILEIRA DE PESQUISA E, EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS)

- **Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)** – Este periódico iniciou suas publicações no ano de 1996. Os artigos por ele publicados são voltados exclusivamente para a pesquisa em ensino/aprendizagem de ciências e conta com o apoio do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Seu estrato de avaliação, segundo os critérios da CAPES, é A2.
- **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências** – Este periódico é uma iniciativa de docentes que atuam no Centro de Ensino de Ciências e Matemática e também no programa de pós-graduação da Faculdade de Educação (FAE) da Universidade Federal de Minas Gerais. As publicações da revista iniciaram no ano de 1999 e, segundo a página (www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/index), a iniciativa “(...) decorre da crença que o aprimoramento de uma cultura de publicação nesse campo depende do esforço em combinar rigor acadêmico com relevância para a prática (ENSAIO).” O estrato de avaliação deste periódico é A2.
- **Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)** – Este periódico iniciou suas publicações no ano de 1984 com o apoio da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Segundo a CAPES, o estrato de avaliação deste periódico é B1. De acordo com a página do periódico (www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index), o objetivo da publicação consiste em:

[...] promover uma disseminação efetiva e permanente de experiências entre docentes e pesquisadores, visando a elevar a qualidade do ensino da Física tanto nas instituições formadoras de novos professores quanto nas escolas em que esses docentes irão atuar (CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA).

- **Ciência & Educação** – Esta é uma publicação sob a responsabilidade do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Bauru. Seu estrato de avaliação é A1. De acordo com a página da revista (www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao/index.php), a publicação tem como missão:

[...] publicar artigos científicos sobre resultados de pesquisas empíricas ou teóricas e ensaios originais sobre temas relacionados à Educação Científica. [...] A revista tem, ainda, como responsabilidade disseminar a pesquisadores, professores e alunos dos diversos níveis de ensino, bem como aos interessados em geral, a produção nacional e internacional nesta área de pesquisa (CIÊNCIA & EDUCAÇÃO).

- **A Física na Escola** – Este periódico é um suplemento semestral da Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) que iniciou suas publicações no ano de 2000. O estrato de avaliação deste periódico, segundo a CAPES, é B4.
- **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)** – Este periódico espanhol teve sua primeira publicação no ano de 2002. Suas publicações são on-line e, segundo a página (www.saum.uvigo.es/reec/lang/portugues/index), a revista é dedicada à inovação e à investigação sobre o ensino e a aprendizagem das ciências experimentais nos diferentes níveis educativos (infantil, primário, secundário e universitário). O estrato de avaliação desta revista é A2.

- **Enseñanza de las Ciencias** – Este periódico espanhol iniciou suas atividades em 1983, tendo se dedicado a publicações referentes à investigação e às experiências didáticas em Ciências. O estrato de avaliação deste periódico, segundo a CAPES, é A1. Segundo a página (www.ensciencias.uab.es/index), a revista tem como um de seus objetivos buscar:

[...] profundizar en la base teórica de los estudios e investigaciones publicados, propiciar reflexiones fundamentadas en relación con el estado y las perspectivas de las diferentes líneas de investigación prioritarias en la actualidad, y fomentar trabajos interpretativos que permitan avanzar en la comprensión de problemas significativos relacionados con el aprendizaje científico (ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS).

- **Journal of Research in Science Teaching** – Este periódico norte americano é uma publicação oficial da Associação Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (NARST). A NARST é uma organização mundial de profissionais comprometidos com a melhoria do ensino da ciência e da aprendizagem através da investigação⁴. Para a CAPES, seu estrato de avaliação é A1.

Periódicos – Visão em Extensão

Nesta seção, mostra-se, por meio de quadros, a distribuição dos artigos por periódico e por ano de publicação. Além disso, estão apontadas as porcentagens, por ano e por periódico, de artigos que estão relacionados ao assunto relatividade.

Os periódicos Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Ciência & Educação, Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências e Journal of

⁴ Informações disponíveis em www.narst.org.

Research in Science Teaching publicaram, no período 2005-2009, um total de 76, 166, 81 e 264 artigos, respectivamente. Estes periódicos não apresentaram artigos relacionados à relatividade, sendo assim, não serão apresentados quadros com a distribuição de publicações por ano.

O quadro 1, a seguir, mostra o número de artigos na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) por ano de publicação, além de quantificar os que estão relacionados à Relatividade.

Os números mostrados no Quadro 1 evidenciam que quase 6% dos artigos publicados no período trataram de assuntos relacionados à relatividade. Outro aspecto a ser destacado é que quase metade dos artigos publicados de 2005 a 2009, foram publicados no ano de 2005. Pode-se atribuir este fato à comemoração do centenário de publicação dos artigos de Einstein em 1905.

Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)			
Ano	Total de Artigos no ano	Artigos sobre Relatividade	%
2005	72	8	11,1
2006	58	4	6,89
2007	66	4	6,06
2008	62	1	1,61
2009	59	1	1,69
Total	317	18	5,67

Quadro 1 – Periódico RBEF

O quadro 2, a seguir, mostra o número de artigos na Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) por ano de publicação, quantificando os que estão relacionados à Relatividade.

Investigações em Ensino Ciências (IENCI)			
Ano	Total de Artigos no ano	Artigos sobre Relatividade	%
2005	18	1	5,55
2006	18	0	0
2007	18	0	0
2008	18	0	0
2009	24	0	0
Total	96	1	1,04

Quadro 2 – Periódico IENCI

O periódico IENCI publicou, no período analisado, um artigo sobre relatividade. Como no caso do periódico RBEF, pode-se atribuir isto ao fato de 2005 ser um ano de destaque para toda a comunidade científica, principalmente na área de Física.

O quadro 3, a seguir, mostra o número de artigos do Caderno Brasileiro de Ensino de Física por ano de publicação, quantificando os que estão relacionados à Relatividade.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)			
Ano	Total de Artigos no ano	Artigos sobre Relatividade	%
2005	20	2	10
2006	19	1	5,26
2007	20	1	5
2008	27	0	0
2009	31	1	3,22
Total	117	5	4,27

Quadro 3 – Periódico CBEF

Percebe-se ao analisar o quadro, que pouco mais de 4% dos seus artigos trataram do assunto relatividade. Comparando este resultado aos demonstrados nos quadros anteriores, poder-se-ia atribuir tal porcentagem ao fato de o periódico tratar de assuntos, especificamente, da área de Física.

O quadro 4, a seguir, mostra o número de artigos na Revista A Física na Escola por ano de publicação, quantificando os que estão relacionados à Relatividade.

O quadro 4 mostra que, como no caso do periódico RBEF, a maioria dos artigos publicados sobre relatividade foram em 2005, provavelmente por este ser considerado o “Ano Mundial da Física”.

A Física na Escola			
Ano	Total de Artigos no Ano	Total de Artigos sobre Relatividade	%
2005	33	7	21,2
2006	22	0	0
2007	28	1	3,57
2008	25	0	0
2009	17	0	0
Total	125	8	6,40

Quadro 4 – A Física na Escola

O quadro 5, a seguir, mostra o número de artigos da Revista Enseñanza de las Ciencias por ano de publicação, quantificando os que estão relacionados à Relatividade.

Os dados representados no Quadro 5 evidenciam que, nas revista internacionais analisadas, também foi baixo o número de artigos publicados sobre Relatividade no período.

Revista Enseñanza de las Ciencias			
Ano	Total de Artigos no Ano	Total de Artigos sobre Relatividade	%
2005	30	0	0
2006	29	2	6,89
2007	30	0	0
2008	29	0	0
2009	33	0	0
Total	151	2	1,32

Quadro 5 – Revista Enseñanza de las Ciencias

O quadro 6, a seguir, mostra o número de artigos da Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências por ano de publicação, quantificando os que estão relacionados à Relatividade.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências - REEC			
Ano	Total de Artigos no Ano	Total de Artigos sobre Relatividade	%
2005	22	0	0
2006	30	0	0
2007	40	1	2,50
2008	38	0	0
2009	58	0	0
Total	188	1	0,53

Quadro 6 – Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias

Assim como os dados do quadro anterior, o Quadro 6 também demonstra que a REEC apresenta um escasso número de artigos relacionados à Relatividade. Pode-se destacar que esta é uma característica geral dos periódicos analisados,

pois, no período da revisão, foram publicados 1.581 artigos, no entanto, somente 35 estavam relacionados à Teoria da Relatividade, tanto a Restrita como a Geral.

Periódicos - Visão em profundidade

Nesta seção, os 35 (trinta e cinco) artigos com características semelhantes são agrupados em categorias. As categorias são as seguintes:

- **Inserção da Relatividade no Ensino Médio (EM)** – Os artigos pertencentes a esta categoria são aqueles que apresentam uma proposta de inserção da Física moderna no EM, via estudo da relatividade, e aplicam esta proposta em sala de aula⁵, mostrando os resultados de sua aplicação em ambiente escolar.
- **Proposta de abordagem da Relatividade** – Nesta categoria, estão inseridos os artigos que propõem unidades didáticas ou procedimentos experimentais referentes à Relatividade, os quais podem ser trabalhados no EM ou em outros níveis de ensino, mas não foram de fato aplicados em sala de aula.
- **Utilização de Hipermídias ou Softwares no Ensino da Relatividade** – Nesta categoria, encontram-se os artigos que desenvolveram ferramentas computacionais com o objetivo de abordar a relatividade.
- **Original** – Nesta categoria encontra-se o artigo publicado por Albert Einstein em 1907, e reimpresso em 2005. Este artigo trata do Princípio da Relatividade.

- **Textos de Divulgação Científica** – Esta categoria agrupa os textos que abordam o assunto relatividade com o propósito de divulgação e popularização da ciência, sem a preocupação direta de sua implementação em sala de aula.

Na seqüência, são apresentadas as categorias com as resenhas dos artigos selecionados. Na categoria Textos de Divulgação Científica, são somente citados os artigos, sem as resenhas. O motivo desta escolha consiste em considerar que o foco desta dissertação está em trabalhos relacionados ao ensino da Teoria da Relatividade.

Inserção da Relatividade no Ensino Médio (EM)

Nesta Categoria, foram agrupados 6 artigos que, como mencionado anteriormente, propõem a inserção da relatividade no EM e aplicam esta proposta em sala de aula.

Karam, Cruz e Coimbra (2006) aplicam a proposta didática em uma turma do primeiro ano do EM, imediatamente após a turma ter estudado a cinemática atual. Os autores inicialmente aplicaram aos alunos seis questões abertas, com o objetivo de obter as pré-concepções destes sobre tempo. Após o teste inicial, foram ministradas algumas aulas e, ao final, foi realizado um pós-teste, com questões que se assemelhavam às iniciais. As atividades por eles elaboradas são descritas e analisadas por episódios. A partir dos dados do pós-teste, os autores puderam constatar que: “A inserção de física moderna no Ensino Médio, desta forma, não só é desejável, como efetivamente profícua” (KARAM, CRUZ E COIMBRA, 2006, p. 384).

Segundo Karam, Cruz e Coimbra (2007) “(...) o princípio da relatividade não tem sido abordado de forma suficiente nas aulas de física do ensino médio (KARAM, CRUZ E COIMBRA, 2007, p. 105)”. A partir desta constatação, os autores

⁵ Ensino Médio e Superior.

desenvolveram e aplicaram em uma turma do primeiro ano uma proposta para o ensino da relatividade no EM. As aulas foram desenvolvidas com base na proposta dos três momentos pedagógicos (Delizoicov e Angotti, 1991). Ao final do desenvolvimento das aulas, foi aplicado aos alunos um pós-teste, onde estes eram questionados sobre possíveis alterações observadas por uma pessoa no interior de uma nave em alta velocidade. Sobre os resultados do pós-teste, os autores afirmam:

O resultado foi expressivo: com exceção de um aluno, todos os demais assinalaram a opção correta e a justificaram mencionando o princípio da relatividade, o que nos permite aferir que as atividades desenvolvidas foram bem sucedidas em relação às repostas manifestadas no pré-teste, aplicado no início das atividades, e também pelas manifestações dos estudantes durante as aulas (KARAM, CRUZ E COIMBRA, 2007, p. 113).

Enquanto a maioria dos artigos propõe a inserção da relatividade restrita no EM, Guerra, Braga e Reis (2007) sugerem uma proposta de ensino que, além da relatividade restrita, aborde a relatividade geral⁶ no EM. Esta proposta foi aplicada em uma turma do primeiro ano e procurou fazer uma aproximação entre Física e arte. Esta aproximação se deu pela escolha, da parte dos alunos, de uma das cinco obras que o professor selecionou. A partir desta escolha, os mesmos deveriam realizar uma pesquisa com o objetivo de identificar as diferentes concepções de espaço e tempo para o período histórico que a obra retratava. Além disso, os alunos em grupo escolheram um assunto, dentro do contexto da relatividade, para exporem à turma da forma que preferissem. Também foram realizadas algumas aulas expositivas. O grupo dos autores evidencia que não objetivou fazer uma pesquisa quantitativa, mas sim privilegiou a pesquisa qualitativa. Concluindo, assim, que a inserção da relatividade restrita e geral no EM, de um modo que esta não represente aos alunos um apêndice ao ensino formal, pode ser um caminho para trazer estes assuntos a tal nível de ensino.

Dentro de uma proposta de elaboração de uma unidade didática referente à Teoria Especial da Relatividade (TER), Arriassecq e Greca (2006) elaboraram um instrumento de análise com o objetivo de identificar as dificuldades dos estudantes sobre alguns conceitos prévios de mecânica clássica. Segundo os autores, estes

⁶ A generalização da teoria da relatividade para referenciais não-inerciais (acelerados), feita por

conceitos são necessários para abordar os correspondentes conceitos da TER. O instrumento foi aplicado com alunos que cursavam o terceiro ano do nível polimodal⁷ de ensino com orientação às ciências naturais de uma escola da Argentina. O instrumento utilizado continha 11 questões, e conforme apontam os autores, os resultados obtidos a partir deste contribuirá na formulação de uma unidade didática. Como conclusão da análise das respostas, os autores apontam que:

Los resultados obtenidos parecen indicar que los invariantes operatorios que los alumnos utilizan frente a varias situaciones, respecto de las nociones de "espacio", "tiempo", "sistema de referencia", "observador", "simultaneidad", "postulado" y "teoría científica" no son totalmente adecuados para al comprensión de los conceptos correspondientes desde el punto de vista científico, habiéndose podido identificar varios teoremas-en-acto no apropiados que los alumnos estarían utilizando para dar sentido a las situaciones propuestas (ARRIASSECQ e GRECA, 2006, p. 208).

Köhnlein e Peduzzi (2005), apoiados nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1992), elaboraram um módulo didático que contempla conceitos da Teoria da Relatividade Restrita (TRR). Este módulo foi estruturado a partir de uma abordagem histórico-filosófica da TRR e foi aplicado em uma turma da quarta fase do EM. Inicialmente, os alunos responderam um questionário com 11 questões, após terem sido trabalhados os conceitos e definições referentes à TRR; posteriormente, já na 15ª aula, o questionário inicial foi novamente aplicado. A avaliação do módulo didático foi realizada em dois aspectos: um em relação à receptividade dos alunos, e o outro em relação à mudança conceitual ocasionada nestes. A posterior análise dos dados obtidos foi realizada quantitativa e estatisticamente. Segundo os autores, o módulo didático elaborado possibilitou o desenvolvimento do interesse dos alunos, bem como o envolvimento destes nas discussões em sala de aula.

Pérez e Solbes (2006) realizaram um estudo sobre como se ensinam e se aprendem os principais conceitos relativísticos. Para a realização deste, analisaram 38 livros e contaram com a colaboração de 74 professores e 151 alunos, de

⁷ Einstein em 1916, é conhecida como teoria geral da relatividade (TIPLER e MOSCA, 2009, p.171). Segundo Cunha (2000) A reforma da educação secundária, determinada pela Lei Federal de Educação n. 24.195, de 1992, apresenta a estrutura do sistema educacional formada por cinco níveis progressivos, a saber: educação inicial, educação geral básica, educação polimodal educação superior e educação quaternária.

diferentes níveis de ensino. Os autores se propõem a responder a seguinte questão: “É possível uma proposta alternativa que atenda as deficiências que se detectam e que dê lugar a uma aprendizagem de maior qualidade aos estudantes? (PÉREZ e SOLBES, 2006, p. 272)”. Para buscar uma resposta, desenvolveram uma proposta alternativa, baseada em um modelo de ensino-aprendizagem como investigação. Afim de ser avaliada, a proposta é aplicada pelos autores a um grupo de 43 estudantes, enquanto outros professores a aplicam a outro grupo de 64 alunos. Os resultados destes alunos foram comparados aos de 54 alunos que faziam parte de um grupo controle. Segundo os autores, para uma melhor avaliação, foi realizada uma entrevista com 10 alunos e foi aplicado um questionário a 31 professores que trabalharam com a proposta. Dos resultados obtidos, os autores concluem que um ensino da relatividade baseado na metodologia utilizada ocasiona nos alunos uma melhora na aprendizagem, além de promover uma mudança metodológica, atitudinal e conceitual.

Cabe destacar que os artigos pertencentes a esta categoria apresentaram detalhadamente os passos da aplicação das propostas em sala de aula. Além disso, foi unânime a conclusão dos autores sobre a boa recepção das aulas por parte dos alunos.

Proposta de abordagem da Relatividade

Nesta Categoria, foram agrupados 9 artigos que, como mencionado anteriormente, apresentam propostas e estratégias de inserção da relatividade no EM ou em outros níveis de ensino, porém não aplicam estas propostas em sala de aula.

Caruso e Freitas (2009) expõem um projeto de educação a partir de histórias em quadrinhos. Estes autores apresentam tal proposta como uma possibilidade de suporte aos professores do EM que desejam abordar, em suas aulas, a teoria da relatividade de uma forma lúdica.

Santos (2006) apresenta alguns diagramas que podem ser uma ferramenta de auxílio aos professores do EM, quando forem explicar alguns aspectos da teoria da relatividade restrita. O autor destaca que, apesar de terem sido desenvolvidos há algum tempo, muitos dos professores não conhecem os diagramas. Além disso, sugere que a ferramenta descrita pode ser utilizada também por professores do nível superior.

Andrade, Nascimento e Germano (2007) lançam um olhar pedagógico às obras do pintor espanhol Salvador Dalí, buscando identificar elementos de Física Moderna nas suas obras, tendo em vista que o pintor foi contemporâneo ao surgimento da Relatividade e da Mecânica Quântica. Com esta proposta que aproxima ciência e arte, os autores pretendem contribuir para a interdisciplinaridade no EM e para a formação de professores.

Medeiros e Medeiros (2005) apresentam uma proposta de ensino com possibilidades ilustrativas e lúdicas para o ensino da relatividade geral ou, mais precisamente, do Princípio da Equivalência⁸. Estas possibilidades se encontram na utilização de brinquedos, que podem ser categorizados como elevadores. Os autores evidenciam que existem outros exemplares de brinquedos científicos, no entanto o artigo pretende ressaltar o papel pedagógico destes. Além disso, mostram formas alternativas de se preparar “elevadores de Einstein” com materiais simples, do cotidiano.

Fiolhais (2005) conta um pouco da história de Einstein, dando ênfase na Teoria da Relatividade, e afirma que os professores deveriam apresentar aos estudantes esse cientista, mostrando que ele era uma pessoa desligada de formalidades e muito bem humorada, tentando, dessa forma, desmistificar a Física como sendo uma disciplina aborrecida, e ressaltar, que até hoje, tem-se muito a descobrir do mundo físico.

Medeiros (2005) escreve como se Einstein estivesse dando uma entrevista para professores do EM, os quais teriam dúvidas de como inserir a Física Moderna nas aulas. Einstein começa falando no surgimento da Física Moderna e de todos os

8

O princípio da equivalência estabelece que a gravidade e a aceleração são indistinguíveis uma da outra. Ele afirma que não existe nenhum experimento que possa distinguir a aceleração ocasionada por um campo gravitacional da aceleração inercial devida a uma simples mudança de velocidades (MEDEIROS e MEDEIROS, 2005, p. 308).

mistérios que precisavam ser resolvidos, e que a mecânica clássica já não dava conta. Quando chega a hora de falar sobre a Teoria da Relatividade, ele vai tomar algo e não termina a entrevista.

Medeiros (2007) enfoca a atuação do professor de Física Eric Rogers. O autor evidencia a paixão deste professor pela história da ciência e o caráter pedagógico desta, bem como sua tendência para o ensino e para a compreensão. Além disso, o autor discute como Eric Rogers propõe o ensino da relatividade, de modo que esta seja abordada no EM desde as primeiras aulas, quando se fala de tempo, espaço e referencial.

Fauth *et al.* (2007) descrevem uma proposta de atividade experimental que foi desenvolvida com o intuito de explorar o caráter pedagógico dos raios cósmicos, tendo em vista que estes geralmente são dados como exemplos em aulas sobre relatividade. Os autores concluem que somente considerando os efeitos relativísticos podem ser explicados os resultados experimentais e que esta forma de abordagem pode ser um dos modos mais seguros para se demonstrar tais efeitos.

Sánchez e Selva (2006) apontam que o ensino da relatividade na forma tradicional e nos níveis introdutórios devia ser revisado, pois a forma que é abordada nos livros didáticos é insuficiente e prioriza uma aprendizagem meramente repetitiva. Tendo em vista estas constatações, os autores elaboraram uma proposta que se constitui de três produtos:

- Livro: Construindo a relatividade (Alonso e Soler, 2002), que se dedica aos professores.
- CD com materiais, interativos que também se dedica aos professores.
- Curso de formação de professores.

A proposta se baseia no modelo de ensino e aprendizagem da Física por investigação. Esta abordagem considera que, para que os alunos possam elaborar novos conhecimentos, os conteúdos devem ser relevantes e significativos, além de ter correspondência com seu cotidiano.

Dos artigos pertencentes a esta categoria, destaca-se a diversidade e a criatividade das propostas de inserção da Teoria de Relatividade no EM e em outros níveis de ensino. No entanto, não se pode deixar de mencionar que, se trouxessem resultados de aplicação em sala de aula, estes trabalhos teriam mais solidez e, assim, conseqüentemente, poderiam contribuir para a prática daqueles professores que desejam trabalhar tais conteúdos em suas aulas.

Utilização de Hipermídias ou Softwares no Ensino da Relatividade

Nesta categoria, encontram-se 2 artigos que apresentam uma proposta de inserção da relatividade no Ensino Médio (EM), bem como sua aplicação em aulas.

Machado e Nardi (2006) apresentam a aplicação de um sistema hipermídia em aulas de Física do EM. Este sistema contempla conteúdos relacionados à Física Moderna, inclusive a Teoria da Relatividade. Inicialmente, o hipermídia *Tópicos de Física Moderna* foi avaliado por estudantes do EM, pesquisadores da área de Ensino de Física e graduandos do último ano do curso de Física licenciatura. Com o objetivo de avaliar o potencial de ensino do sistema hipermídia desenvolvido, um dos autores ministrou aulas para alunos do terceiro ano do EM. Além dos elementos conceituais que o hipermídia aborda, buscou-se avaliar a interação dos alunos com o sistema, bem como a opinião destes sobre as aulas e o hipermídia. A avaliação ocorreu com a seguinte metodologia:

- As aulas foram filmadas.
- O professor-pesquisador fez um diário registrando suas impressões
- Os alunos responderam um instrumento de pesquisa com cinco questões abertas. Este instrumento objetivou avaliar o entendimento daqueles sobre os conceitos abordados nas aulas.
- Foram coletadas respostas por escrito dos alunos.
- Os alunos responderam um questionário de opinião com 32 itens sobre o curso e o software.

- Os alunos foram entrevistados com o objetivo de aprofundar, por parte dos autores, os conhecimentos sobre as opiniões referentes às aulas, ao software e à aprendizagem.

Os autores concluíram que os alunos do EM, os pesquisadores e os licenciados identificam potencialidade da hipermídia para a abordagem da Física Moderna. Além disso, pode-se destacar que, por parte dos alunos, os autores concluem que:

Conforme se apurou, a oportunidade de participar de aulas interagindo com o computador foi valorizada pelos estudantes, em virtude de o emprego da máquina ter apoiado a aprendizagem e constituído um diferencial em relação às aulas tradicionais (MACHADO e NARDI, 2006, p. 481).

Através da opinião dos estudantes, pode-se perceber que a utilização de ferramentas computacionais pode ser um fator de motivação nas aulas de Física.

Machado e Nardi (2007) descrevem as características e potencialidades de um sistema hipermídia construído com o intuito de possibilitar o ensino e aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea. O software desenvolvido foi fundamentado em princípios ausubelianos e visa destacar o papel pedagógico da história e filosofia da ciência. A primeira etapa da investigação envolveu a elaboração do sistema hipermídia; a segunda etapa consistiu na validação deste, por parte de pesquisadores e estudantes de um curso de licenciatura em Física; e a terceira etapa se constituiu na avaliação da aprendizagem com o software desenvolvido. O sistema hipermídia desenvolvido é constituído por textos ilustrados com imagens, filmes e animações relevantes. Estes textos estão distribuídos em módulos, a saber:

- Visão inicial
- Teoria da Relatividade
- Tecnologia e Sociedade
- História da Ciência
- Ciência e filosofia
- Fronteiras da Ciência

Para a avaliação do hiperfídia, 17 estudantes do 7º semestre de um curso de Física licenciatura e 5 pesquisadores da área de ensino de ciências responderam a uma ficha com 47 itens. A partir dos pontos destacados por estes participantes, foram corrigidas algumas imprecisões conceituais, e o hiperfídia foi aplicado a 10 estudantes do 3º ano de uma escola pública.

Segundo os autores a proposta didática defendida pelo hiperfídia favoreceu a evolução conceitual da maior parte dos estudantes e, provavelmente, o emprego da multimídia como forma de apresentar um conteúdo em diferentes formatos pode ter facilitado as conexões intencionais entre os conceitos.

Nesta categoria, foram apresentados artigos com propostas de softwares que tiveram avaliadores de diferentes níveis de ensino, o que contribuiu para a elaboração do software. Também se destaca nesta categoria a forma diferenciada de abordar os conteúdos de Física Moderna, fazendo-a com o auxílio das Tecnologias da Informação e Comunicação, o que, aparentemente, mostra-se como uma forte tendência do Ensino de Física, por facilitar a aprendizagem e incentivar os alunos.

Original

Nesta categoria encontra-se o artigo original, que foi publicado por Albert Einstein em 1907, e reimpresso no ano de 2005, após tradução. Neste artigo Einstein aborda o Princípio da Relatividade e suas implicações. Além disso, apresenta as transformações de Lorentz e discute o resultado negativo do experimento de Michelson e Morley. O cientista apresenta uma síntese dos trabalhos que surgiram na época, a partir da fusão dos trabalhos de Lorentz e do Princípio da Relatividade.

Textos de Divulgação Científica

Nesta seção, foram agrupados 17 artigos que abordam em seu conteúdo a relatividade, tanto a Teoria da Relatividade Geral, como a Teoria da Relatividade Restrita. Como mencionado anteriormente, estes artigos não estão diretamente relacionados ao ensino de Física, mas sim à divulgação e à popularização da ciência.

VIDEIRA (2005); ABDALLA (2005); MATSAS (2005); LETELIER (2005); FALCIANO (2009) e GÖDEL (2006) escrevem artigos sobre a Teoria da Relatividade Geral e suas implicações.

BARROS *et al.* (2005) escrevem sobre a contração de Lorentz – Fitzgerald, propondo-se a esclarecer alguns equívocos que podem ocorrer no ensino da Teoria da Relatividade Especial.

FALCIANO (2007) faz uma releitura sobre o paradoxo dos gêmeos e a cinemática relativística.

PORTO e PORTO (2008) realizam uma exposição conceitual das idéias de espaço e tempo, analisando o desenvolvimento destes conceitos ao longo dos anos, ou seja, da mecânica newtoniana às transformações introduzidas pela teoria da relatividade de Einstein.

DAHMEN (2006); RENN (2004); MARTINS (2005) e STACHEL (2004) escrevem sobre as relações entre a relatividade e a história da Física.

MOREIRA (2005); SANTOS (2005); STUDART (2005); STUDART (2005) escrevem sobre Einstein. Abordam assuntos como a cronologia, os trabalhos, os livros e citações do cientista em eventos e publicações. Em todos estes trabalhos o assunto relatividade é abordado.

Destaca-se desta categoria o número de artigos, pois em relação às 5 (cinco) categorias estabelecidas, a referente a textos de divulgação científica contém, aproximadamente, 48,6% dos artigos sobre Teoria da Relatividade. Este fato demonstra que dos poucos artigos relacionados à Teoria de Relatividade, mais da metade destes são textos que não apresentam propostas de ensino aos

professores, mesmo o estudo tendo sido realizado em periódicos da área 46 – Ensino de Ciência e Matemática.

1.1.2 Aspectos de um Planejamento Didático

O planejamento foi estruturado, procurando-se contemplar as questões propostas por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) quanto ao enfrentamento dos desafios para o ensino de ciências no que diz respeito à tarefa docente, a saber:

- O que ensinar?
- Por que e para que ensinar ciências?
- Para quem ensinar ciências?

(DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO, 2007, p. 33-35).

Uma possível aproximação para a primeira das perguntas pode ser obtida tendo como base as pesquisas que sustentam que o ensino de Física deve contemplar assuntos que despertem o interesse dos alunos e que fazem parte do seu dia-a-dia. Pode-se citar Pérez e Solbes (2006) que, ao escreverem sobre o ensino da Teoria da Relatividade como motivador para a aprendizagem em Física, apontam que uma possibilidade para superar o desinteresse dos alunos é fazer um ensino de ciências mais contextualizado com a sociedade e o entorno.

Já a segunda pergunta pode ser respondida a partir da análise dos parâmetros e orientações publicadas a nível federal e estadual pelos governos. Destacam-se as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Física (BRASIL, 2002, p. 56), publicadas pelo Ministério da Educação, que trazem como perspectiva geral a construção de “[...] uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e

solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade”. Além disso, a Secretaria Estadual da Educação do estado do Rio Grande do Sul publicou, em 2009, as Lições do Rio Grande, que apresentam um referencial curricular para as escolas estaduais. Este referencial, ao tratar das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em específico da disciplina de Física, traz que “A tecnologia se faz presente na vida diária e, com certeza, muito disso se relaciona profundamente ao desenvolvimento de teorias dentro da Física” (RIO GRANDE DO SUL, 2009, p. 85). Desta forma, ratifica-se a ideia do ensino voltado para a compreensão do mundo. Pode-se ainda citar Díaz (2002) que complementa as justificativas de para que ensinar ciências:

[...] la finalidad de la enseñanza de las ciencias en el momento actual es conseguir una alfabetización científica y una educación para la ciudadanía, para lograr individuos más críticos, más responsables y más comprometidos con el mundo y sus problemas. Si se logran estos objetivos habremos conseguido una enseñanza de las ciencias de mayor calidad y equidad para todos (DÍAZ, 2002, p. 62).

Para Fourez (2003), a alfabetização científica, comentada por Díaz (2002), pode ser expressa em finalidades humanistas, sociais e econômicas. As finalidades humanistas, segundo o autor, tratam da participação do indivíduo na cultura contemporânea; já as finalidades sociais se relacionam com a autonomia do indivíduo na sociedade, dando a este a possibilidade de participar em debates democráticos. Por fim, a finalidade econômica considera a contribuição do indivíduo na formação do mundo industrializado (FOUREZ, 2003, p. 113 e 114).

Além disso, a citação de Díaz (2003) afirma que outra finalidade do ensino de ciências na atualidade é uma educação para a cidadania. Desta forma, cabe refletir sobre o que é ser cidadão. Cavalcante (1999, p. 550), ao escrever sobre o exercício da cidadania, afirma que “O exercício da cidadania baseia-se no conhecimento das formas contemporâneas de linguagem e no domínio dos princípios científicos e tecnológicos que atuam na produção moderna”. Sendo assim, observa-se que, para Díaz (2002), Fourez (2003) e Cavalcante (1999), o ensino de ciências deve fornecer aos indivíduos os subsídios necessários para participar ativa e democraticamente na sociedade.

Para a terceira pergunta - Para quem ensinar ciências? - não se pode de imediato dar uma resposta, pois cabe a cada professor conhecer os alunos a quem vai ensinar ciências. Ao se referir ao processo de conhecer os alunos, entende-se que se deve conhecer e compreender a faixa etária na qual estes se encontram, com as suas particularidades e inquietações. Também é possível destacar o posicionamento de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) que, ao escreverem sobre o aluno como foco e sujeito da aprendizagem, apontam que:

Nenhum aluno é uma folha de papel em branco em que são depositados conhecimentos sistematizados durante sua escolarização. As explicações e os conceitos que formou e forma, em relação social mais ampla do que a escolaridade, interferem em sua aprendizagem de Ciências Naturais (DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO, 2007, p. 131).

Desta forma, ao se considerar para quem se está ensinando ciências mantém-se o foco no aluno, considerando que este se encontra inserido em uma sociedade, que traz consigo concepções sobre o mundo que o cerca, além de ter curiosidades e interesses que podem ser contemplados nas aulas de ciências.

Além disso, os referidos autores (2007, p. 124) apontam que, nas aulas de ciências, há uma preocupação com a sequência dos conteúdos, mas não com a relevância destes. Pode-se pensar que esta preocupação se relaciona com aqueles alunos que pretendem prestar exames para ingresso ao ensino superior. Buscando quantificar o número de estudantes brasileiros que ingressam no ensino superior, foram analisados os dados estatísticos divulgados pelo Governo Federal sobre a Educação Básica e Superior.

Os Censos Escolares da Educação Básica e Educação Superior são realizados anualmente e divulgados pelo Ministério da Educação, por meio do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Segundo o documento⁹, o censo é um levantamento estatístico cujas informações são utilizadas para traçar um panorama nacional da educação básica e servem de referência para a formulação de políticas públicas e para a execução de programas na área da educação. O INEP também realiza o Censo da Educação Superior, cujo

⁹ Disponível em www.inep.gov.br, acesso 16/09/10.

objetivo é oferecer à população em geral informações sobre as instituições e as tendências do ensino superior no país.

O Gráfico 1 mostra a distribuição de ingressantes no Ensino Médio, em 2009, nas instituições federais, estaduais, municipais e privadas em todo o país.

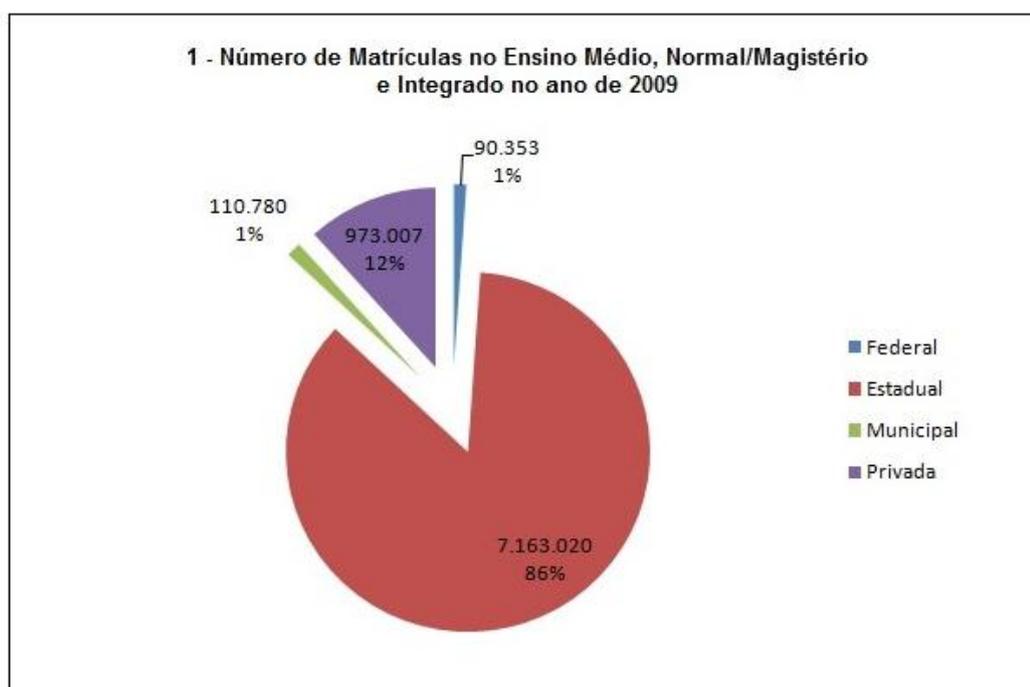


Gráfico 1 - Número de matrículas no Ensino Médio (EM), Normal/Magistério e Integrado no ano de 2009 - Fonte: INEP, Censo da Educação Básica 2009.

Considerando que os 8.337.160 alunos concluíam tal nível de ensino no período habitual, estes serão os ingressantes no ensino superior em 2012. Para a comparação entre quantos alunos são matriculados no EM e quantos ingressam no Ensino Superior deveriam ser analisados os dados do INEP de 2012, o que ainda não é possível.

Sendo assim, o Gráfico 2, a seguir, mostra o número de matrículas no Ensino Médio (EM), Normal/Magistério e Integrado no ano de 2005.

Comparando o Gráfico 1 com o Gráfico 2, observa-se que, mesmo variando o número de alunos matriculados nas instituições federais, estaduais, municipais e privadas, a distribuição em porcentagem em cada uma delas permaneceu semelhante, mostrando que, nos anos de 2005 e 2009, a rede de ensino estadual foi a responsável pelo ensino da maioria dos estudantes do EM.

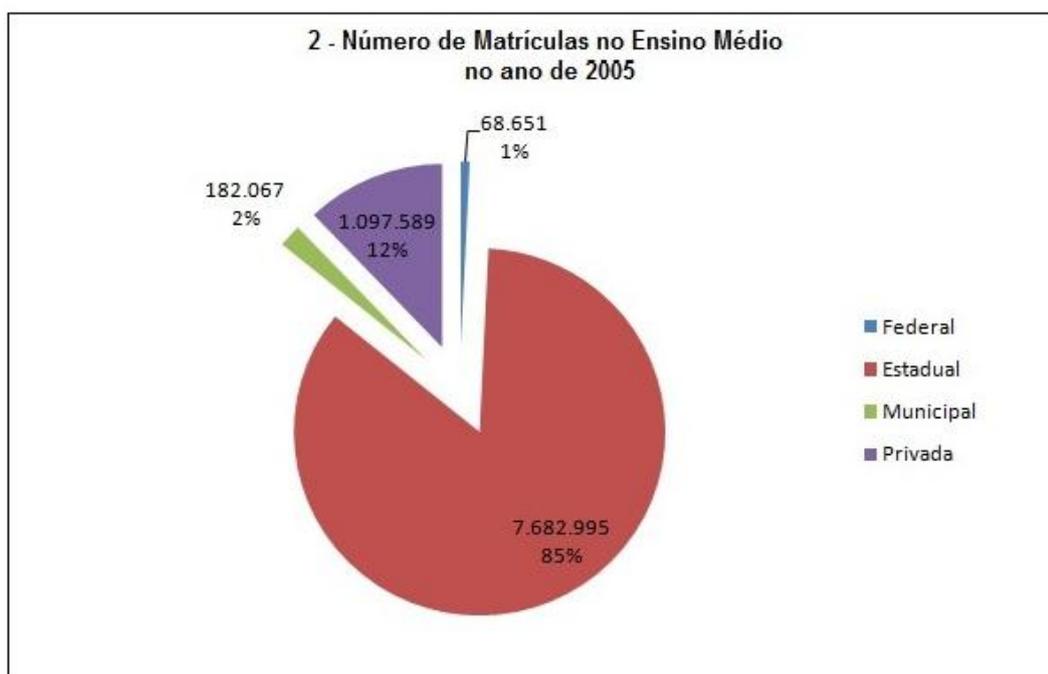


Gráfico 2 - Número de matrículas no Ensino Médio (EM) no ano de 2005 - Fonte: INEP, Censo da Educação Básica 2005.

Destaca-se ainda que em 2005, 9.031.302 alunos foram matriculados no Ensino Médio. Descartando os casos de desistências e reprovações estes estudantes poderiam prestar exame para ingresso ao ensino superior em 2008, desta forma, foram analisados quantos alunos ingressaram neste nível de ensino no ano de 2008. O Gráfico 3, a seguir, mostra esses números.

A comparação entre os dados pode causar certo espanto, no entanto não se pode deixar de destacar que dos 9.031.302 alunos que começaram o Ensino Médio

em 2005, apenas 1.873.806 ingressaram no Ensino Superior em 2008, conforme mostra o gráfico a seguir.

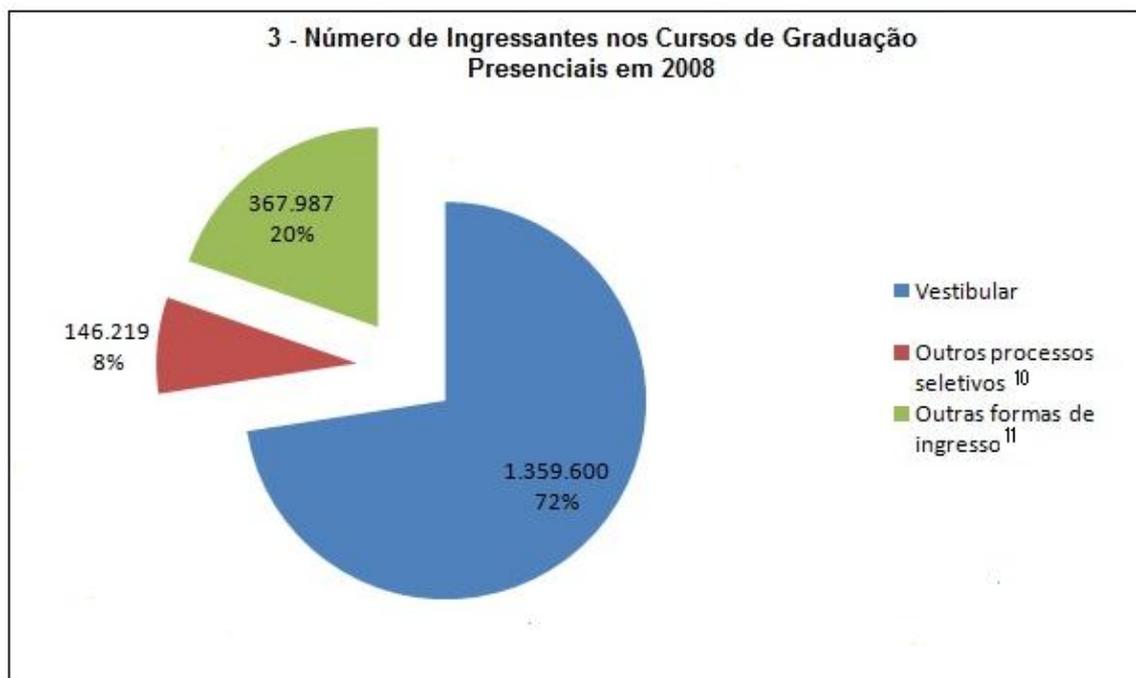


Gráfico 3 - Número de ingressos nos Cursos de Graduação em 2008 por Vestibular, Outros Processos Seletivos¹⁰ e Outras Formas de Ingresso¹¹ - Fonte: INEP, Censo da Educação Superior 2008.

A comparação realizada já nega a afirmação que o ensino de ciências no Ensino Médio deve ser dirigido para os alunos que vão prestar vestibular, pois, como se identificou, apenas 20% dos alunos realizam a prova para ingresso ao Ensino Superior. Cabe questionar quantos destes 20% seguem carreira na área de Ciências.

Este dado é obtido através da análise dos dados do INEP do Censo de Educação Superior de 2008, que listou o número de alunos que ingressaram no Ensino Superior por área do conhecimento. Como este trabalho refere-se a

¹⁰ Vestibular, Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), Avaliação Seriada no Ensino Médio, Vestibular + ENEM e Outros tipos de seleção (INEP).

¹¹ Mudança de Curso dentro de Instituição de Ensino Superior (IES), Transferência (vindo de outras IES, excluído ex-offício), Transferência ex-offício, Acordos Internacionais, Admissão de

disciplinas de Ciências, o Gráfico 4, a seguir, traz estes números para as áreas de Biologia, Física e Química.

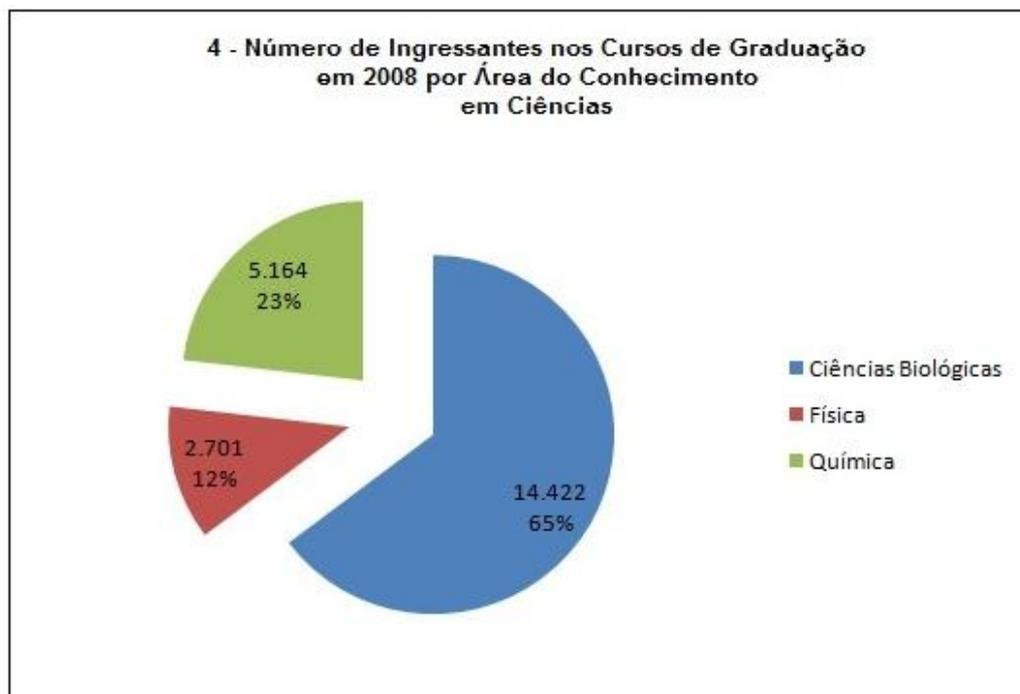


Gráfico 4 - Número de Ingressos no Ensino Superior por Área do Conhecimento em Ciências - Fonte: INEP, Censo da Educação Superior 2008.

Uma das conclusões que se pode tirar deste gráfico é que dos 1.873.806 alunos que ingressaram no Ensino Superior em 2008, aproximadamente 1,19 % destes ingressaram em alguma das áreas de Ciências. Sendo que, entre os 22.287 alunos que ingressaram nestas áreas, foram ingressantes no curso Ciências Biológicas 0,77%; 0,14%, no curso de Física; e 0,27%, no curso de Química, tendo em vista o número total de ingressantes no ensino superior.

Para complementar a análise, pode-se avaliar os dados do Censo da Educação Superior, referentes ao número de alunos que ingressaram em cursos de formação de professores das áreas de Ciências Biológicas, Física e Química no ano de 2008. O gráfico 5, a seguir, traz estas informações.

Comparando com o número total de ingressantes no Ensino Superior pode-se destacar que aproximadamente 1,18% dos estudantes ingressam em um dos cursos de Formação de Professores de Biologia, Física ou Química. Destaca-se ainda que 0,73%, 0,19% e 0,26% representam, respectivamente, a porcentagem de alunos ingressantes nos cursos de formação de professores de Ciências Biológicas, Física e Química, em relação ao número total de ingressantes no ensino superior em 2008, conforme o gráfico abaixo.

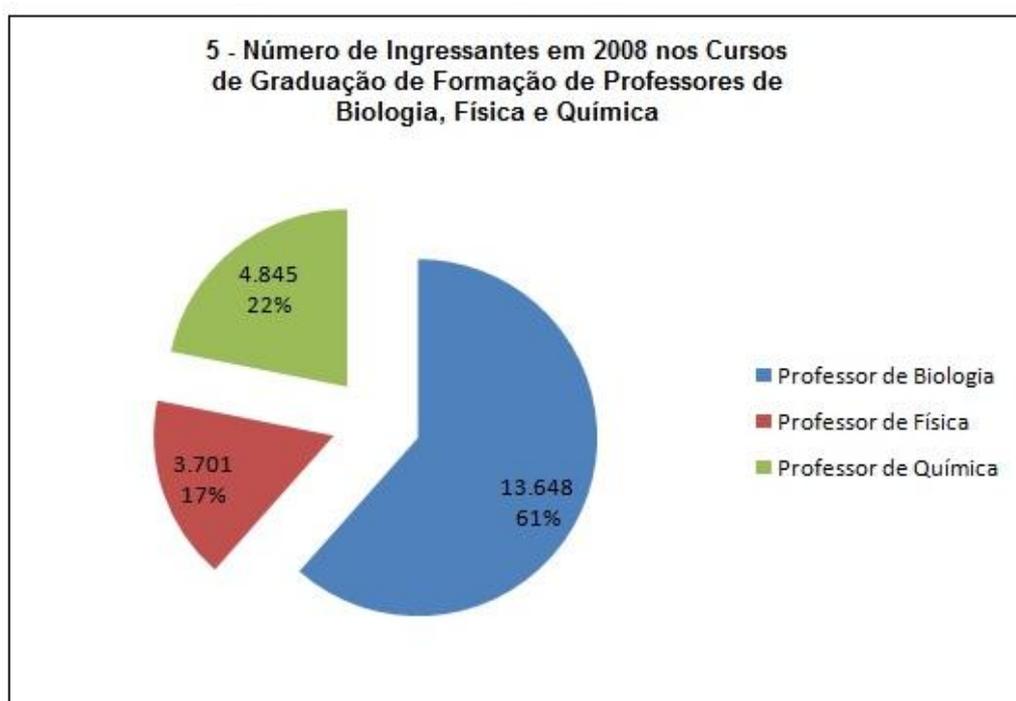


Gráfico 5 - Número de Ingressos no ensino superior em cursos de formação de professores da área de ciências - Fonte: INEP, Censo da Educação Superior 2008.

Os dados fornecidos pelo INEP e a posterior análise destes permitiram identificar algumas características dos estudantes brasileiros. Estas características podem auxiliar os professores no planejamento de suas aulas. No entanto, apenas estes dados não são suficientes para tal identificação, pois este foi um apanhado

geral, não se podendo esquecer que cada região do país, bem como cada uma das disciplinas de Física, Química e Biologia, tem suas diferenças.

Com estes dados obteve-se um panorama da relação de alunos que ingressam no EM e seguem nas carreiras de Física, Química e Biologia, tanto em cursos de bacharelado como de licenciaturas.

2. O PLANEJAMENTO E AS ATIVIDADES

Tomando-se como base os elementos apresentados e discutidos no capítulo anterior, foram elaboradas 13 aulas do planejamento didático que buscaram desenvolver, no Ensino Médio, conteúdos de Física que tradicionalmente não são estudados nesse nível de ensino, procurando relacionar a Física com a vivência do cotidiano e, do ponto de vista de competências e habilidades, desenvolver capacidades de trabalho em grupo, de elaboração de hipóteses e de explicações para as situações apresentadas, colocando o centro da aprendizagem no aluno, ou seja, que ele seja participante ativo no processo de ensino-aprendizagem. O planejamento didático foi implementado, pela autora desta dissertação, em aulas da disciplina de Física do 2º ano do EM de uma escola da cidade de Santa Maria-RS. Foi escolhido o 2º ano do EM por que os alunos já tinham estudado os conteúdos de Mecânica. Durante a implementação do planejamento, foram desenvolvidas atividades que os alunos resolveram em grupos. Estas atividades procuraram contemplar as competências preconizadas pelas Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio – Física (PCN+).

As respostas escritas dos alunos às atividades foram analisadas e categorizadas, conforme características semelhantes. Esta análise das respostas corresponde a um tratamento qualitativo com enfoque no procedimento de análise de conteúdo. Segundo Taylor e Bogdan (1998, p.19), “[...] metodologia qualitativa se refere em seu mais amplo sentido à investigação que produz dados descritivos: as próprias palavras das pessoas, faladas ou escritas e a conduta observável.” Já para Poll (1959 apud Bardin 1988, p. 21), “Na análise qualitativa é a presença ou a ausência de uma dada característica num determinado fragmento de mensagem que é tomado em consideração”. Sendo assim, serão considerados os fragmentos escritos na resolução das atividades pelos grupos ou duplas, para a identificação de características e informações que permitam responder as perguntas apresentadas no problema de pesquisa.

A análise dos dados obtidos nas atividades, assim como a revisão de literatura, está baseada no procedimento de análise de conteúdo proposta por

Bardin (1988). Segundo a autora, as diferentes fases da análise de conteúdo se organizam em torno de três pólos cronológicos:

- Pré-análise;
- Exploração do material;
- Tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Para a autora, a pré-análise: “Corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema mais preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise”. (Bardin, 1988, p. 95).

A exploração do material é a fase de sistematizar as decisões estabelecidas na pré-análise. Posto de outra forma, colocar em prática o que foi planejado.

Na fase de tratamento, os resultados obtidos são tornados significativos e válidos.

Os sujeitos da pesquisa realizada foram 32 alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública do município da Santa Maria- RS. As aulas foram ministradas pela autora desta dissertação e os alunos não receberam notas pela realização das atividades planejadas.

2.1 Planejamento Didático

As aulas com suas respectivas atividades e objetivos estão descritas no Quadro 7, a seguir:

(Continua)

Síntese do Planejamento Didático			
Aula	Conteúdos	Atividades	Objetivo da Aula/Atividade
1	Coordenadas Cartesianas	- Localização de um ponto em três dimensões. Foram colados três fios de linha em um dos cantos da sala, formando um sistema de três eixos ortogonais. Depois de localizado o ponto, pré-estabelecido, foi solicitado aos alunos que, em grupo, representassem no papel a atividade.	- Identificar se os alunos conseguem localizar um ponto no espaço, bem como representá-lo em um papel.
2	Coordenadas Geográficas	- Leitura de um texto sobre Georreferenciamento.	- Mostrar, através de uma notícia sobre de Georreferenciamento, um exemplar de utilização do GPS.
3	Receptor GPS	- Exploração e manuseio de um receptor GPS pelos alunos.	- Apresentar o receptor GPS aos alunos - Obter dados sobre as concepções dos alunos acerca do funcionamento do receptor.
4	Medidas	- Estimativa de medidas para alguns objetos como, por exemplo, altura da porta, do prédio da escola, etc.	- Analisar, no grande grupo, as respostas da aula anterior e proporcionar aos alunos uma tomada de conhecimento sobre as hipóteses apresentadas pelos colegas; - Analisar a noção de medidas dos alunos.
5	Trilateração	- Explicação de medidas diretas e indiretas; - Estudo do método da trilateração a partir de mapas.	- Apresentar um método de localização indireta.
6	Propriedades dos Satélites	- Apresentação, na forma de slides, sobre o GPS contendo: <ul style="list-style-type: none"> • Origem do sistema; • Estrutura (localização) dos Satélites; • Altura; • Período; • Transmissão dos dados; • Tempo GPS. 	- Apresentar algumas características do sistema GPS.
7	Velocidades	- Determinação do módulo da velocidade de rotação da Terra; - Exemplar de velocidade cujo módulo é alto.	- Identificar quais métodos serão utilizados pelos alunos para a determinação do módulo da velocidade; - Analisar o quanto se aproxima do módulo da velocidade da luz o valor que os alunos consideram como sendo de um módulo de velocidade alto.

(Conclusão)

Síntese do Planejamento Didático			
Aula	Conteúdos	Atividades	Objetivo da Aula/Atividade
8	Relatividade no dia-a-dia	<ul style="list-style-type: none"> - Atividade sobre de que lado da rua ficam suas casas; - Elaboração de um quadro- síntese com as respostas, para que a turma como um todo compreenda que os conceitos de direita e esquerda têm significado somente após se ter definido a direção em relação a qual se dá a definição; - Recapitulação do conceito de referencial; - Estudo sobre Tempos Físico e Psicológico, para tornar claro que a Teoria da Relatividade trata do tempo Físico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar aos alunos que podem compreender o que é relatividade, quando analisados alguns fatos do cotidiano; - Explicar as diferenças entre tempo físico e psicológico; - Destacar que a Teoria da Relatividade trata do tempo físico.
9	Contexto histórico do desenvolvimento da Teoria da Relatividade de Einstein.	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação do contexto histórico e dos postulados da Teoria da Relatividade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mostrar aos alunos o motivo pelo qual foi elaborada por Einstein a Teoria da Relatividade e quais são os postulados desta.
10	Relatividade do Tempo	<ul style="list-style-type: none"> - Explicação da dilatação do tempo, a partir de um exemplo em que um trem se desloca com uma velocidade de módulo alto, em relação a um referencial fixo em uma estação. Posterior análise do intervalo de tempo em que um feixe de luz leva para se deslocar segundo um observador dentro do trem e um que está em uma estação; - Atividade sobre se os efeitos relativísticos são ou não observados no dia-a-dia e por que. 	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar a relatividade do tempo; - Identificar se os alunos compreenderam que os efeitos relativísticos ocorrem somente nos casos de velocidades cujo módulo se compara ao módulo da velocidade da luz.
11	Relatividade do comprimento	<ul style="list-style-type: none"> - Dedução junto com a turma das equações que demonstram a relatividade do comprimento, a partir do mesmo exemplo da aula anterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a relatividade do comprimento.
12	Exemplos	<ul style="list-style-type: none"> - Resolução de dois problemas, permitindo que os alunos elaborem as hipóteses para a solução destes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resolver problemas e estabelecer hipóteses que sejam coerentes aos conteúdos estudados.
13	Relatividade do GPS	<ul style="list-style-type: none"> - Estimativa dos erros no tempo para o caso em que não fossem feitas as correções relativísticas no GPS, e explicação de que o erro é maior devido à relatividade geral. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar o conhecimento adquirido nas aulas sobre relatividade para determinar o erro no tempo do GPS.

Quadro 7 – Síntese das aulas do Planejamento Didático

Na primeira aula do planejamento, os alunos foram convidados a formarem grupos, que deveriam permanecer os mesmos até a 13ª aula. Os alunos formaram duplas, trios ou grupos de quatro integrantes, totalizando nove grupos. Nesta aula, foram colados em um dos cantos da sala três fios de linha, de modo que fossem ortogonais entre si e que coincidissem na origem. Na seqüência, foram nomeados, juntamente com a turma, os eixos (x, y e z) e foi solicitado que cada grupo localizasse o ponto (15, 20, 30). Posteriormente, foi solicitado aos grupos que já tinham realizado a atividade que tentassem representá-la em uma folha de papel. Esta aula procurou desenvolver a competência de Representação e Comunicação, segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (PCN+), esta competência busca desenvolver no aluno a compreensão de que gráficos e expressões matemáticas são diferentes formas de representar uma relação, além disso, desenvolve a capacidade de escolha em fazer o uso da linguagem mais apropriada em cada situação.

Na segunda aula, foi lida e discutida com a turma uma notícia que trata da obrigatoriedade do Georreferenciamento de imóveis rurais. A notícia mostrou que, desde a Lei Federal 10.267/01, há a necessidade de promover a identificação dos imóveis rurais, tornando suas coordenadas conhecidas em um dado sistema de referência, também foi mostrado um exemplar de propriedade georreferenciada, com suas coordenadas e sua localização no mapa. A partir destes dados, foi dialogado com a turma como poderiam ser obtidas as coordenadas que localizam a propriedade. Esta notícia objetivou mostrar aos alunos a necessidade que o homem contemporâneo tem em se localizar. A notícia também se apresentou como problematizadora para a aula seguinte, que mostrou um aparelho capaz de fornecer a localização e as coordenadas em qualquer parte do globo terrestre. Esta aula procurou desenvolver a competência de Representação e Comunicação, relacionada com a análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia, conforme trazem os PCN+.

Na terceira aula da intervenção, os alunos foram ao pátio da escola e puderam manusear um receptor GPS. Depois de todos os alunos terem-no analisado, foram discutidos os elementos presentes na tela do receptor. A partir destes elementos, foi dialogado sobre qual a finalidade de utilização do mesmo e,

então, foi solicitado que os grupos elaborassem hipóteses sobre como eram obtidas as informações fornecidas pelo receptor. Esta aula procurou desenvolver a competência de Contextualização Sociocultural, relacionada à Ciência e à Tecnologia na atualidade. Segundo os PCN+, esta competência busca fazer com que o aluno acompanhe o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, estabelecendo contato com novas tecnologias.

Na quarta aula, foi elaborado um quadro-síntese com as respostas dos grupos referentes as hipótese apresentadas à obtenção dos dados fornecidos pelo receptor GPS. Desta forma, os alunos puderam tomar conhecimento das hipóteses elaboradas pelos colegas, e a turma pôde chegar a um consenso sobre a resposta mais completa e coerente. Na sequência, com o intuito de desenvolver a competência de Investigação e Compreensão, mais especificamente em relação a medidas, quantificações, grandezas e escalas, foi solicitado aos alunos que estimassem valores de algumas medidas. Esta atividade buscou desenvolver nos alunos a capacidade de fazer estimativas de ordem de grandeza.

Na quinta aula do planejamento didático, o método da Trilateração foi apresentado aos alunos. Como os alunos tinham respondido as atividades em que eram necessárias medidas indiretas, antes de iniciar a explicação da trilateração, houve uma explicação para diferenciar medidas diretas e medidas indiretas. A trilateração é um método utilizado para localizar/determinar indiretamente grandes distâncias. Este é um método no qual se determinam as distâncias de um ponto de posição desconhecida a três outros pontos de posições conhecidas, então se determina a posição do ponto desconhecido. Para exemplificação deste método foi passado aos alunos uma apresentação na forma de slides, onde apenas se sabia a distância da cidade que queríamos localizar em relação a três outras cidades, então com o auxílio de mapas foi localizada a cidade de Julio de Castilhos – RS.

Como os alunos já haviam conhecido o receptor GPS e estudado o método da trilateração, na sexta aula, foram estudadas as características do Sistema de Posicionamento Global (GPS) com o auxílio de uma apresentação na forma de slides. Nesta apresentação, foram estudadas características como origem do sistema, estruturas dos satélites e dos sinais, altura e velocidade dos satélites, receptor GPS, ondas, espectro eletromagnético e sistema de tempo GPS. Ao ser

estudado o sistema de tempo GPS, foi enfatizado que, se não fossem considerados os efeitos relativísticos, os relógios dos satélites atrasariam. Neste ponto, foi enfatizado que graças à Teoria da Relatividade de Einstein que o sistema está em funcionamento.

Como a Teoria da Relatividade trata de velocidades cujos módulos são altos, os alunos foram instigados a refletir sobre velocidades. Por este motivo, na sétima aula, foi proposto a estes que determinassem o módulo da velocidade de rotação da Terra e que dessem um exemplar de velocidade que consideravam ter módulo alto. Nesta aula, procurou-se desenvolver a competência de Representação e Comunicação sugerida pelos PCN+, pois foi solicitado aos alunos que descrevessem o método utilizado para responder o questionamento da atividade.

Na oitava aula do planejamento didático, os alunos foram questionados sobre de que lado da rua ficava sua casa. Após todos os grupos terem entregado a atividade, foi elaborado um quadro síntese com as respostas para que a turma concluísse que os conceitos de direita e esquerda têm significado somente após se ter definido a direção em relação a qual se dá a definição. A partir desta situação foi recapitulado o conceito de referencial. Através de uma apresentação em slides, foi explicada aos alunos a diferença entre os tempos físico e psicológico, e foi salientado que a Teoria da Relatividade trata apenas do tempo físico, ou seja, daquele que é determinado pelo relógio.

Conforme os PCN+, a competência de Contextualização Sociocultural relacionada à Ciência e Tecnologia na História tem como objetivo fazer com que os alunos compreendam a construção do conhecimento físico como um processo histórico ligado à sociedade. Baseada nos PCN+, a nona aula do planejamento didático procurou mostrar aos alunos o contexto histórico de desenvolvimento da Teoria da Relatividade. Para tal explicação, foi elaborada uma apresentação em slides que procurou mostrar que a Teoria da Relatividade de Einstein foi desenvolvida para solucionar inconsistências da Mecânica Clássica, partindo de dois postulados que, ao serem aplicados têm conseqüências como a Dilatação do Tempo e a Contração das Distâncias.

A décima aula está relacionada com a competência de Investigação e Compreensão, no que diz respeito aos modelos explicativos e representativos. De

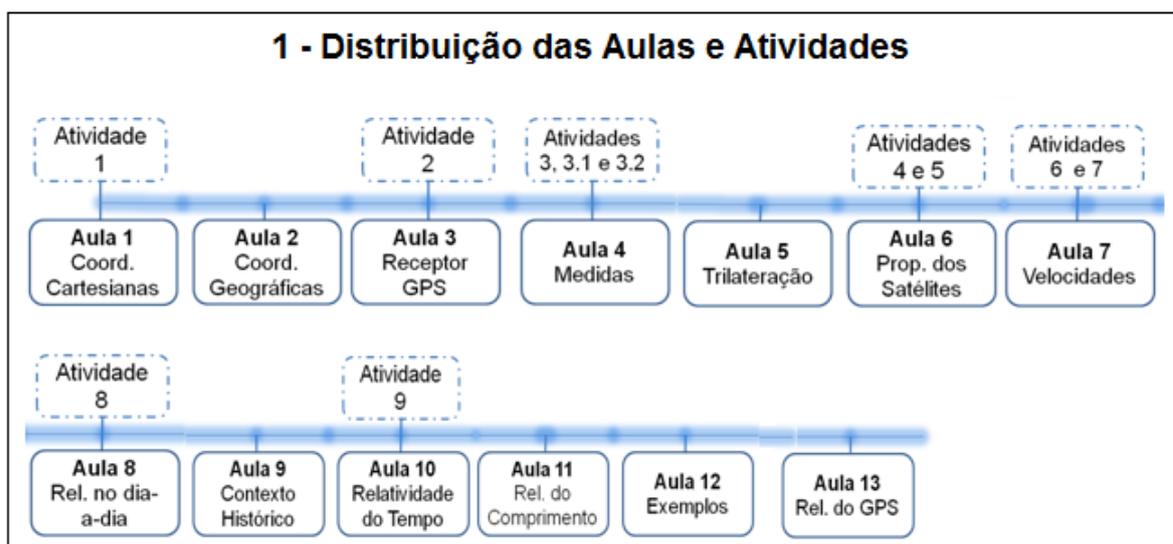
acordo com os PCN+, esta competência busca que o aluno interprete e faça uso de modelos explicativos reconhecendo suas condições de aplicação. Nesta aula, foram aplicados os postulados de Einstein da Teoria da Relatividade Restrita para o caso em que um trem se deslocava com velocidade próxima à velocidade da luz, em relação a um referencial fixo em uma estação. Como o trem é equipado de uma lâmpada e um espelho, foi determinado o intervalo de tempo no qual a luz era emitida pela lâmpada, chegava ao espelho e era refletida pelo mesmo até retornar novamente a sua fonte emissora, para uma pessoa que estava no trem e para uma pessoa que estava na estação. A partir desta situação, foram deduzidas as equações da Dilatação do Tempo, e os alunos foram questionados se os efeitos estudados na aula são observados no cotidiano, pois, assim, seriam instigados a refletir sobre as condições de aplicação do modelo em questão.

Na décima primeira aula, partindo-se da mesma situação da aula anterior, foram deduzidas as equações que demonstram a relatividade do comprimento, para os casos em que são consideradas altas velocidades.

A décima segunda aula do planejamento buscou aproximar as equações deduzidas para a Dilatação do Tempo e Contração das Distâncias a situações reais. Para tal aproximação, foram estudados dois exemplos em que os alunos podiam elaborar as hipóteses para a solução dos mesmos. Um dos exemplos abordou a detecção de múons na superfície terrestre. Segundo Fauth *et al* (2007), somente se forem considerados os efeitos relativísticos pode ser explicada a detecção dos múons ao nível do mar. Dessa forma, os conceitos e definições estudados puderam auxiliar na interpretação de fenômenos da natureza.

A décima terceira aula procurou restabelecer as relações entre o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a Teoria da Relatividade Restrita. Como os alunos tiveram a oportunidade de conhecer o receptor e compreender o funcionamento do sistema, a última aula objetivou exemplificar os conceitos e definições referentes à Teoria da Relatividade Restrita para estimar o erro nos relógios dos satélites, para o caso em que não fossem considerados os efeitos relativísticos. Além disso, foi discutido com os alunos que a maior diferença nos relógios é explicada pela Teoria da Relatividade Geral.

Depois do detalhamento das aulas é apresentado, a seguir, o Esquema 1, que sintetiza os conteúdos trabalhados em cada aula com as respectivas atividades desenvolvidas.



Esquema 1 – Distribuição das aulas e das respectivas atividades desenvolvidas.

2.2 Atividades

As atividades do planejamento didático foram desenvolvidas e categorizadas partindo-se das competências preconizadas pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (PCN+). A seguir, estão descritas e caracterizadas as categorias, de acordo com as competências dos PCN+.

2.2.1 Representação e Comunicação

Esta categoria engloba as atividades que objetivaram analisar a capacidade dos alunos em descrever os procedimentos utilizados para a solução dos problemas e questionamentos propostos. As atividades desta categoria procuraram estar de acordo com a competência de Representação e Comunicação sugerida pelos Parâmetros Curriculares Nacionais. Segundo os PCN, o domínio da linguagem, com seus respectivos códigos e símbolos, bem como a articulação destes em sentenças, diagramas, gráficos e equações das disciplinas científicas, deve ser desenvolvido como uma competência geral destas disciplinas.

Atividade 1 - Tentar representar no papel o exemplo realizado em aula (Representação de um ponto no espaço).

Atividade 3. 1 - Descrever os métodos utilizados para realizar algumas das medidas solicitadas anteriormente (Em relação às medidas de comprimento solicitadas).

Atividade 6 a) - Determinar o módulo da velocidade de rotação da Terra. Apresentar o método utilizado.

Atividade 7 b) - Calcular o módulo de velocidade de algumas velocidades do cotidiano e apresentar o método utilizado para determinar essas velocidades.

Questão 3 (Avaliação) - Citar e explicar alguns exemplos de medidas que podem ser realizadas direta e indiretamente.

2.2.2 Investigação e Compreensão

Dentro da competência de Investigação e Compreensão, os PCN+ apresentam as articulações desta, sendo assim, foram desenvolvidas sub-categorias para melhor enquadrar as atividades com os pressupostos dos parâmetros.

- **Estratégias para o enfrentamento de situações problema**

Atividade 2 - Como são obtidas as informações que o receptor GPS fornece?

Atividade 4 - O sinal chega instantaneamente ao receptor GPS? Justificar.

Atividade 3.2 - Como são determinadas grandes distâncias?

- **Modelos explicativos e representativos**

As atividades desta subcategoria buscaram identificar se os alunos compreenderam que os fenômenos relativísticos somente são observados em situações cuja velocidade tenha módulo comparado ao módulo da velocidade da luz, reconhecendo assim as limitações do modelo estudado.

Atividade 9 – No dia-a-dia estes efeitos (Relativísticos) são observados? Justificar.

Questão 7 (Avaliação) - Considerar a Tirinha do Calvin a seguir:

Atividade 3 - Estimar um valor aproximado para cada uma das grandezas:

Altura da porta: _____

Altura da mesa: _____

Comprimento da sala: _____

Altura do prédio da escola: _____

Diâmetro de um lápis: _____

Espessura de uma folha de caderno: _____

Diâmetro de um átomo: _____

Diâmetro da Terra: _____

Altura dos satélites GPS: _____

Atividade 5 - Estimar as seguintes medidas de tempo em segundos:

Um ano: _____

Um mês: _____

Um dia: _____

Um minuto: _____

Atividade 7 a) - Estimar valores de módulos de velocidade, em km/h, para os seguintes casos.

Propagação do som no ar: _____

Velocidade da luz: _____

Atividade 6 b) - Citar exemplo de velocidade cujo módulo é alto?

2.2.3 Contextualização Sociocultural

As atividades descritas, a seguir, se relacionam com Sistema de Posicionamento Global (GPS). Estas atividades têm como objetivos identificar as concepções dos alunos sobre o funcionamento do sistema e, a velocidade da transmissão dos dados, bem como avaliar a mudança conceitual ocasionada nestes, após a aplicação do planejamento didático. As mesmas foram divididas em:

- **Ciência e Tecnologia na Atualidade**

Questão 2 (Avaliação) –

- a) Você já conhecia um receptor GPS? Em caso afirmativo, de onde?
- b) Qual a principal finalidade deste aparelho?
- c) Como você acha que são obtidas as informações que o aparelho fornece?

Questão 5 (Avaliação) - Quando ligado, um receptor GPS necessita de um certo tempo até ajustar o relógio. Por que este ajuste é necessário?

Questão 9 (Avaliação) - Comente a afirmação: “Se não fosse Einstein, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) não estaria em funcionamento.”

- **Ciência e Tecnologia na Cultura Contemporânea**

As atividades desta categoria buscaram apresentar a ciência e a tecnologia na cultura contemporânea, buscando compreender as formas pelas quais a Ciência e a Física influenciam na interpretação do mundo atual. Em relação a esta competência, cabe refletir sobre o que significa apreciar a Física como cultura. Para

Náder (2010, p. 117), considerar a Física como cultura, significa desenvolver nos estudantes a “[...] compreensão da Física como produção humana, histórica e, muitas vezes, conflituosa no processo de seu fazer-se”. As atividades pertencentes a esta subcategoria estão apresentadas a seguir.

Atividade 8 - De que lado do caminho fica a sua casa?

Questão 1 (Avaliação) - Citar alguns exemplos de como podemos nos localizar?

Questão 4 (Avaliação) - Considere a seguinte situação: Você está praticando o esporte conhecido como Orientação, dispõe de um mapa, mas não faz a menor idéia de onde se encontra. Se você tiver informações a respeito de sua distância a três locais conhecidos, como você poderá saber sua própria localização?

Questão 8 (Avaliação) - Quando um raio cósmico de alta energia (partícula primária cuja origem ainda é desconhecida pela ciência) colide com núcleos de moléculas na alta atmosfera terrestre ele dá origem a uma sequência de interações nucleares e eletromagnéticas, produzindo uma cascata de partículas que se deslocam com velocidades próximas à velocidade da luz. (FAUTH, *et al*, 2007). Uma destas partículas é o múon, que tem uma vida média de apenas 2,2 μs , ou seja, 2×10^{-6} s (TIPLER e MOSCA, 2009). Como explicar a detecção de múons ao nível do mar?

Depois da categorização das atividades o quadro 8, a seguir, apresenta o número de atividades relacionadas com cada competência.

Competências e Atividades	
Competência Relacionada	Número de atividades desenvolvidas.
Representação e Comunicação	5
Investigação e Compreensão	9
Contextualização Sociocultural	7

Quadro 8 - Número de atividades relacionadas a cada competência.

3. RESULTADOS

3.1 Análise das respostas das atividades a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais

As atividades e as questões da avaliação do planejamento didático foram divididas em categorias. Estas categorias foram caracterizadas de acordo com as competências sugeridas pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Nesta seção, as respostas dos grupos serão também analisadas sob um olhar das competências dos PCN+ e do método de Análise de Conteúdo proposto por Bardin (1988).

As respostas dos alunos, para esta análise foram transcritas da forma original. Há erros de português que propositadamente não foram corrigidos. No final da análise das respostas a cada atividade, serão apresentados quadros-síntese, onde, poderá se perceber que, em uma mesma pergunta, alguns grupos estão em mais de uma categoria, justamente por apresentarem características comuns a ambas.

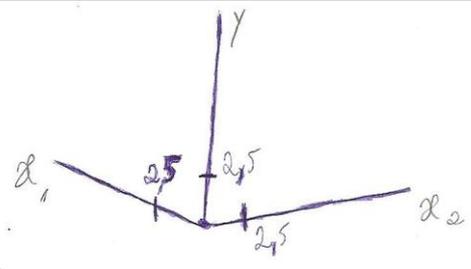
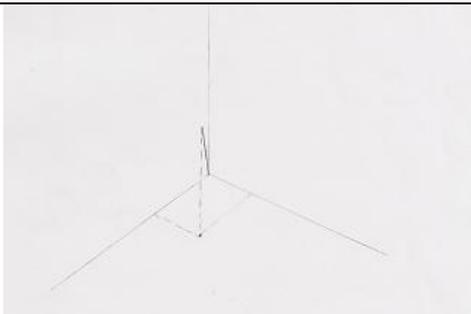
Atividade 1 - Tentar representar no papel a atividade sobre localização de pontos no espaço, utilizando o sistema cartesiano de referência.

Esta atividade foi desenvolvida na primeira aula, ela buscou problematizar para os alunos os métodos de localização, pois geralmente, estes estão acostumados a utilizar o Sistema Cartesiano em duas dimensões. Por isso, foram instigados a fazer tal representação em três dimensões. Além disso, esta atividade abriu possibilidade de dialogar sobre outros métodos de localização, como, por exemplo, as Coordenadas Geográficas.

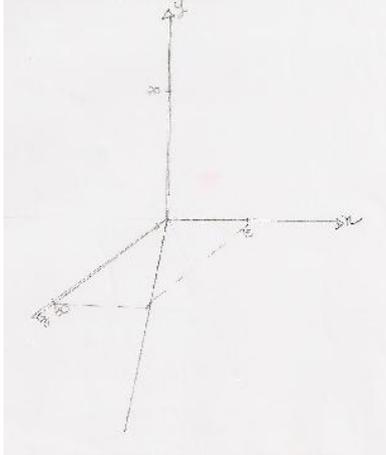
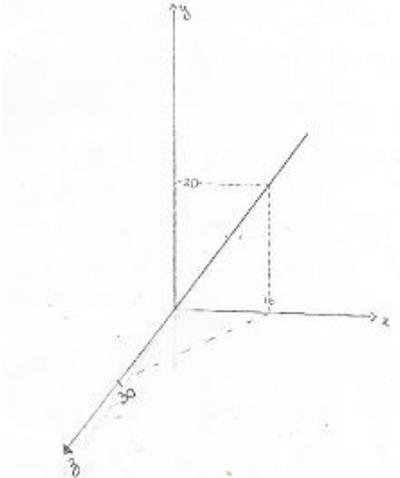
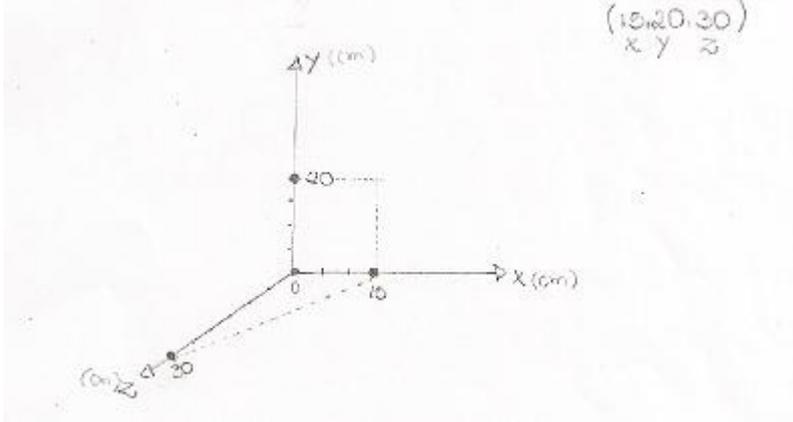
Esta atividade busca desenvolver nos alunos a competência de Representação e Comunicação, especificamente, relacionada à articulação dos símbolos e códigos de ciência e tecnologia. Segundo os PCN +, esta competência procura fazer com que o aluno compreenda que gráficos podem ser uma forma de representação de uma relação, com potencialidades e limitações próprias. Além disso, este aluno deverá ser capaz de escolher e fazer uso de linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens.

Nesta atividade, procurou-se desenvolver nos alunos a habilidade de representar a localização de pontos no espaço, utilizando o sistema cartesiano, tendo em vista que foi solicitado a estes que representassem no papel a situação em que três fios de linha formavam em um canto da sala os eixos coordenados do Sistema Cartesiano, sendo que os mesmo deveriam localizar o ponto (15,20,30). Fazendo isso estariam, desenvolvendo a competência de representação. A seguir, no quadro 9, são apresentadas as representações dos gráficos entregues pelos grupos.

(Continua)

Atividade 1	
Grupo	Representação
G1	
G2	

(Continuação)

Atividade 1	
Grupo	Representação
G3	
G4	
G5	

(Conclusão)

Atividade 1	
Grupo	Representação
G6	
G7	
G8	
G9	

Quadro 9 - Representações dos grupos referente à atividade 1.

Buscando desenvolver a competência de representação e a articulação dos símbolos e códigos das ciências, pode-se perceber que os alunos dos grupos **G3**, **G4**, **G5**, **G6**, **G7** e **G9** identificaram corretamente os valores das coordenadas (15,20,30) nos eixos x, y e z, respectivamente. O grupo **G1** identificou valores de coordenadas nos eixos, só que foram representados valores que não foram os solicitados. Já **G2** e **G8** representaram os eixos coordenados, mas não identificaram nestes as coordenadas do ponto.

O Quadro 10, a seguir, apresenta uma síntese das respostas.

<u>Atividade 1</u>	
Competência relacionada	Representação e Comunicação - Articulação dos símbolos e códigos de ciência e tecnologia.
Grupos que identificaram corretamente os valores nos eixos.	G3, G4, G5, G6, G7, e G9.
Grupos que representaram os eixos coordenadas, mas não identificaram as coordenadas.	G2 e G8.
Grupo que identificou valores que não correspondem com os solicitados.	G1.

Quadro 10 – Síntese da análise das respostas da Atividade 1

Como característica geral da atividade 1, pode-se destacar que os grupos não conseguiram “unir” as coordenadas e representar o ponto, como fizeram quando utilizaram o fio de linha na sala de aula, demonstrando, assim, uma dificuldade geral na representação de um sistema cartesiano de três dimensões no plano, que foi simulado pela folha de papel.

Atividade 2 - Como são obtidas as informações que o receptor GPS fornece?

A segunda atividade foi aplicada na aula seguinte a de análise e discussão da notícia sobre Georreferenciamento, esta atividade procurou problematizar o estudo do Sistema de Posicionamento Global (GPS) aos alunos, fazendo com que os mesmos procurassem estabelecer hipóteses sobre o funcionamento do sistema após terem tido a possibilidade de manusear um receptor.

Esta atividade buscou desenvolver a competência de Investigação e Compreensão, focalizando nas estratégias para o enfrentamento de situações problema. Conforme apontam os PCN+, esta competência visa a que o aluno acompanhe e tenha elementos para compreender o desenvolvimento tecnológico contemporâneo. Desta forma, analisam-se as relações entre as concepções dos alunos sobre o funcionamento do GPS e os conceitos físicos.

A seguir, no quadro 11, estão descritas as respostas de cada grupo:

(Continua)

Atividade 2	
Grupo	Resposta
G1	Quando o GPS é ligado ele faz um ajustamento dos seus horários. Essas informações são <u>transmitidas</u> ¹² pelo satélite e recebidas por ele.
G2	Através dos satélites e das coordenadas geográficas
G3	Por um satélite que mostra a nossa localização pelas coordenadas geográficas.
G4	As informações são obtidas através de um satélite.
G5	O satélite capta os dados da Terra e <u>envia</u> para o GPS.
G6	O GPS para nós capta as informações através das coordenadas geográficas, gráficos, globo terrestre, a elevação, e ajuda a localizar quando se perdemos.

¹² Grifos meus

(Conclusão)

Atividade 2	
Grupo	Resposta
G7	Por um satélite que localiza aonde estamos.
G8	Pela latitude medida em graus da linha do equador.
G9	Pela longitude medida em graus do Meridiano de Greenwich, <u>enviados</u> do satélite para o GPS. Através de via satélite e das coordenadas geográficas.

Quadro 11 – Respostas dos grupos à Atividade 2.

Pode-se concluir, pelas palavras em destaque, que os grupos **G1**, **G5** e **G9** estabelecem relações entre a transmissão dos dados dos satélites ao receptor. Observa-se, assim, que estes alunos conseguem identificar que deve haver alguma forma de estes dados chegarem ao receptor. Essa atividade possibilitou aos estudantes destes grupos refletirem e direcionarem as ideias para a compreensão de que os satélites do sistema emitem ondas eletromagnéticas que são detectadas pelo receptor. Desta forma, os alunos tiveram a possibilidade de compreender como a informação é transmitida do emissor ao receptor, através de um equipamento tecnológico contemporâneo, como preconizam os PCN+.

As respostas dos grupos **G2**, **G3**, **G6**, **G8** e **G9** mostram que estes alunos relacionaram as informações com as Coordenadas Geográficas, que é o sistema de referência utilizado pelo GPS para a localização do receptor. Estes alunos também utilizaram os dados presentes na tela do receptor para justificar a resposta.

Os grupos **G4** e **G7** responderam que as informações eram obtidas por satélites, provavelmente por lerem esta informação na tela do receptor.

O Quadro 12, a seguir, traz uma síntese da análise das respostas.

<u>Atividade 2</u>	
Competência relacionada	Investigação e Compreensão – Estratégias para o enfrentamento de situações problema
Grupos que estabeleceram relações entre a transmissão dos satélites ao receptor.	G1, G5 e G9.
Grupos que relacionam as informações do receptor GPS com Coordenadas Geográficas.	G2, G3, G6, G8 e G9.
Grupos que relacionam as informações do receptor GPS com satélites.	G4 e G7.

Quadro 12 – Síntese da análise das respostas da Atividade 2

Nesta atividade, cabe destacar que alguns grupos estabeleceram relações entre a transmissão dos dados dos satélites e o receptor, assim, foi atingido o objetivo da atividade que era de problematizar uma situação para compreensão da aula seguinte sobre as ondas eletromagnéticas.

Atividade 3 - Estimar um valor aproximado para cada uma das grandezas:

Altura da porta: _____

Altura da mesa: _____

Comprimento da sala: _____

Altura do prédio da escola: _____

Diâmetro de um lápis: _____

Espessura de uma folha de caderno: _____

Diâmetro de um átomo: _____

Diâmetro da Terra: _____

Altura dos satélites GPS: _____

Nesta atividade, procurou-se desenvolver a competência de Investigação e Compreensão, relacionada a medidas, quantificações, grandezas e escalas, proporcionando aos alunos a possibilidade de estabelecer estimativas de ordem de grandeza referentes a comprimentos/distâncias. Buscou-se questionar inicialmente medidas conhecidas como a altura da porta e da mesa; na sequência, foram questionados sobre algumas medidas de comprimento que não podem ser realizadas diretamente. Esta atividade foi realizada na aula anterior a da explicação do método da trilateração, justamente para que os alunos compreendessem e desenvolvessem métodos para determinar as medidas indiretas. As respostas dos grupos estão listadas no Quadro 13, a seguir.

(Continua)

Atividade 3	
Grupo	Resposta
G1	Altura da porta: 2, 30____ ¹³ Altura da mesa: 90 cm Comprimento da sala: 8m Altura do prédio da escola: 13m Diâmetro de um lápis: 0,5mm Espessura de uma folha de caderno: meio milímetro Diâmetro de um átomo: 0,0000005 Diâmetro da Terra: 1.000.000.00____ Altura dos satélites GPS: 500.00.000____
G2	Altura da porta: 2 m Altura da mesa: 80 cm Comprimento da sala: 8m Altura do prédio da escola: 7 m Diâmetro de um lápis: 0,5 cm Espessura de uma folha de caderno: 0,0001 mm Diâmetro de um átomo: não imaginamos Diâmetro da Terra: não imaginamos Altura dos satélites GPS: 100 <u>Km/h</u>

¹³ Grifos meus

(Continuação)

Atividade 3	
Grupo	Resposta
G3	Altura da porta: 2 m Altura da mesa: 50 cm Comprimento da sala: 4 m Altura do prédio da escola: 6 m Diâmetro de um lápis: 16 _____ Espessura de uma folha de caderno: 1 mm Diâmetro de um átomo: não sei Diâmetro da Terra: não sei Altura dos satélites GPS: não sei
G4	Altura da porta: 2 metros Altura da mesa: 70 centímetro Comprimento da sala: 6 metros Altura do prédio da escola: 20 metros Diâmetro de um lápis: 6 milímetros Espessura de uma folha de caderno: 1/3 de milímetro Diâmetro de um átomo: - Diâmetro da Terra: - Altura dos satélites –
G5	A Altura da porta: 2 m 2 cm Altura da mesa: 90 cm Comprimento da sala: 7 m Altura do prédio da escola: 20 m Diâmetro de um lápis: 3 mm Espessura de uma folha de caderno: 1mm Diâmetro de um átomo: 2m 1cm Diâmetro da Terra: não Altura dos satélites GPS: não sei
G6	Altura da porta: 2m Altura da mesa: 80 cm Comprimento da sala: 7m Altura do prédio da escola: 25m Diâmetro de um lápis: não imagino Espessura de uma folha de caderno: 0,005 mm Diâmetro de um átomo: não imagino Diâmetro da Terra: não consigo imaginar Altura dos satélites GPS: -
G7	Altura da porta: 2, 10 m Altura da mesa: 80 cm Comprimento da sala: 6m Altura do prédio da escola: 15m Diâmetro de um lápis: 0,5 cm Espessura de uma folha de caderno: 0,001cm Diâmetro de um átomo: 0,00000001 mm Diâmetro da Terra: 100000000 Km Altura dos satélites GPS: 100000000000 Km

(Conclusão)

Atividade 3	
Grupo	Resposta
G8	Altura da porta: 2m Altura da mesa: 85 cm Comprimento da sala: 6m Altura do prédio da escola: 6m 50cm Diâmetro de um lápis: 1cm Espessura de uma folha de caderno: 0,1mm Diâmetro de um átomo: 0,1 mm Diâmetro da Terra: Altura dos satélites GPS: 1_____
G9	Altura da porta: 2 m Altura da mesa: meio metro Comprimento da sala: 4m Altura do prédio da escola: Diâmetro de um lápis: Espessura de uma folha de caderno: Diâmetro de um átomo: Diâmetro da Terra: Altura dos satélites GPS:

Quadro 13 - Respostas dos grupos à Atividade 3.

Os grupos **G1**, **G3** e **G8** não apresentaram unidades para pelo menos uma das medidas solicitadas. Os grupos **G1** e **G8** não apresentaram as unidades daquelas medidas que são obtidas indiretamente, como, por exemplo, a espessura de uma folha de caderno, o diâmetro de um átomo, o diâmetro da Terra e a altura dos satélites GPS. O grupo **G2** apresentou como unidade de medida para altura dos satélites uma unidade de velocidade.

Os grupos **G2**, **G3**, **G4**, **G5**, **G6**, **G8** e **G9** não responderam ao menos duas das três últimas perguntas, justamente aquelas que são obtidas indiretamente, espessura de uma folha de caderno, diâmetro de um átomo, diâmetro da Terra e altura dos satélites GPS. Pela falta destas respostas, pode-se destacar a dificuldade da maioria dos alunos em estimar ordens de grandeza de medidas que não são comparáveis às medidas do corpo humano.

O grupo **G7** respondeu todos os itens. Alguns dos valores estimados, como altura da porta, altura da mesa, comprimento da sala, altura do prédio da escola e

diâmetro de um lápis, estão próximos dos valores tabelados, enquanto outros, como do diâmetro da terra e da altura dos satélites GPS, não apresentam a mesma coerência das demais, pois estas são da ordem de 10^3 km, diferentemente do que foi respondido pelo grupo.

O Quadro 14, a seguir, apresenta uma síntese da análise das respostas à atividade.

<u>Atividade 3</u>	
Competência relacionada	Investigação e Compreensão – Medidas, quantificações, grandezas e escalas.
Grupos que apresentaram problemas com as unidades de medida.	G1, G2, G3 e G8.
Grupos que não responderam ao menos duas das medidas que são obtidas indiretamente.	G2, G3, G4, G5, G6, G8 e G9.
Grupo que respondeu todos os itens, no entanto não apresentou a mesma coerência das outras estimativas para as medidas de diâmetro de um lápis e altura dos satélites.	G7.

Quadro 14 – Síntese da análise das respostas da Atividade 3

Na atividade 3, a maioria dos grupos deixou de responder aquelas medidas que são obtidas indiretamente, como, espessura de uma folha de caderno, diâmetro de um átomo, diâmetro da Terra e altura dos satélites GPS.

Atividade 3.1 - Descrever os métodos utilizados para realizar algumas das medidas solicitadas anteriormente.

Nesta atividade, será analisada qual a metodologia utilizada pelos alunos para realizar algumas das medidas solicitadas na Atividade 3. Além disso, serão analisadas como foram determinadas algumas das medidas que poderiam ser obtidas indiretamente. Esta atividade buscou estimular os alunos a desenvolverem a competência de Representação e Comunicação referente aos símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia. Segundo os PCN+, esta competência busca instigar os alunos a dominar a linguagem, com seus respectivos códigos e símbolos. O Quadro 15, a seguir, apresenta as respostas dos grupos.

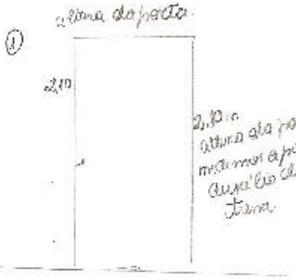
(Continua)

Atividade 3.1	
Grupo	Resposta
G1	Altura da porta: 2, 10 ⁻¹⁴ altura (trena) Altura da mesa: 0,74 cm (régua) Comprimento da sala: 6,89 metro (trena) Altura do prédio da escola: 7 metro (trena, <u>cálculos</u>) Diâmetro de um lápis: 0,5__ (régua) Espessura de uma folha de caderno: 0,1 milímetro (régua, <u>cálculo</u>) Diâmetro de um átomo: Diâmetro da Terra: Altura dos satélites GPS:
G2	Altura da porta: 2,10 m Altura da mesa: 74 cm Comprimento da sala: 4,73 + 2,16 = 6,89 m Altura da escola: 5, 60m Diâmetro de um lápis: 2,5 cm Espessura de uma folha de caderno: 0,0075 cm

(Continuação)

Atividade 3.1	
Grupo	Resposta
G3	<p>Altura da porta: Trena! - 2 m 10 cm Altura da mesa: Trena! - 74 cm Comprimento da sala: Trena! – 6m 89 cm Altura do prédio da escola: <u>Medir a altura do primeiro andar e multiplicar por 2.</u> Andar1 . 2 = Andar 2 2,80 m . 2 = A2 A2= 5,6 m Diâmetro de um lápis: 0,06 <u>mL</u> Espessura de uma folha de caderno: 0,01cm Diâmetro de um átomo: Diâmetro da Terra: Altura dos satélites GPS:</p>
G4	<p>Altura da porta: Uma trena – 2m 10 cm Altura da mesa: Usamos uma régua – 75 cm Comprimento da sala: uma trena – 6, 70 m Altura do prédio da escola: Uma trena Diâmetro de um lápis: Uma régua Espessura de uma folha de caderno: <u>medir o caderno todo e depois dividir pelo número de folhas.</u> Diâmetro de um átomo: Altura da sala: 2,80 m</p>
G5	<p>- A Altura da porta: 2m 10 cm Altura da mesa: 60cm, 9 cm Comprimento da sala: 6m, 80 cm Diâmetro de um lápis: 3,5 mm Espessura de uma folha de caderno: 1mm Todos com régua</p>
G6	<p>1 - utilizamos uma trena 2 – trena ou fita métrica 3- uma trena 4 – uma trena 5 – uma régua ou fita métrica 6 – uma régua 7- 8- porta: 2m 10 cm</p>

(Conclusão)

Atividade 3.1	
Grupo	Resposta
G7	 <p>①</p> <p>altura da porta</p> <p>2,10</p> <p>2,10 m altura da porta medida a porta com a altura da parede</p> <p>② Espessura de uma folha. Peguei o caderno com 36 folhas e medirei as folhas. Depois dividi por 36. 604 → resultado São as espessuras de folhas divididas pelas quantidades de folhas 36</p>
G8	<p>porta: 2,10 m Altura da sala: 2,80 _____ Comprimento da sala: 6,89 _____ Altura da mesa: 74 cm Diâmetro de um lápis: 6 mm Espessura de uma folha: 0,01 cm</p>
G9	<p>Altura da porta: 2 m 10 cm Altura da mesa: 75 cm Comprimento da sala: 6,89 m Altura do prédio da escola: 5,60 _____ Diâmetro de um lápis: 2,5 _____ Espessura de uma folha de caderno: 0,055 _____ Diâmetro de um átomo: não sabemos Diâmetro da Terra: não sabemos Altura dos satélites GPS: Largura da janela: 2m 10 cm</p>

Quadro 15 - Respostas dos grupos à atividade 3.1

Os grupos **G1**, **G8** e **G9** não apresentaram unidades para algumas das medidas. O grupo **G3** apresentou como unidade para a medida do diâmetro de um lápis o mL.

Os grupos **G1**, **G3**, **G4**, **G5**, **G6** e **G7** descreveram sucintamente que utilizaram régua ou trena para realizar as medidas solicitadas. O que era esperado por ser o material de mais fácil acesso.

Os grupos **G1, G2, G3, G4 e G7** mostram que realizaram cálculos para determinar as medidas indiretas, mostrando que um dos objetivos da atividade foi atingido, o de mostrar aos alunos que algumas medidas não podem ser determinadas de forma direta, com um instrumento de medida, mas sim que necessitam de cálculos ou outros métodos para serem determinadas.

Os grupos **G3, G4 e G7** foram os que mais se aproximaram da proposta da atividade, pois descreveram com clareza ao menos uma das medidas indiretas realizadas.

O Quadro 16, a seguir, apresenta uma síntese da análise das respostas.

<u>Atividade 3.1</u>	
Competência relacionada	Representação e Comunicação – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.
Grupos que não apresentaram unidades em algumas medidas.	G1, G3, G8 e G9.
Grupos que descreveram sucintamente o método utilizado.	G1, G3, G4, G5, G6 e G7.
Grupos que realizaram cálculos para determinar medidas indiretas.	G1, G2, G3, G4 e G7.
Grupos que descreveram claramente ao menos uma das medidas indiretas realizadas.	G3, G4 e G7.

Quadro 16 – Síntese da análise das respostas da Atividade 3.1

Nesta atividade cabe destacar que a turma apresentou grande dificuldade em identificar do que se tratava a medida do diâmetro do lápis. Além de apresentar problemas com as unidades de medida, tanto o esquecimento destas como a presença de uma unidade de volume, o ml, representando uma unidade de distância/ comprimento.

Atividade 3.2 - Como são determinadas grandes distâncias?

Esta atividade busca proporcionar aos alunos momentos de diálogo com os demais colegas de grupo sobre como poderão ser determinadas medidas de comprimento que são indiretas, como, os questionamentos solicitados nas Atividades 3 e 3.1, referentes a diâmetro de um átomo, diâmetro da Terra e altura dos satélites GPS. Esta atividade caracterizou-se como problematizadora para a aula seguinte sobre Trilateração, que é um método de localização indireta, no qual o sistema GPS se baseia para a localização dos satélites. Esta atividade está de acordo com a competência de Investigação e Compreensão, relacionada com estratégias para o enfrentamento de situações-problema. Segundo os PCN+, esta competência busca fazer com que, frente a uma situação ou problema concreto, os alunos sejam capazes de reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física, e de identificar as grandezas relevantes, em cada caso (Brasil, 2009). As respostas dos grupos estão descritas no Quadro 17, a seguir.

Atividade 3.2	
Grupo	Resposta
G1	Por Km/ calculando
G2	As medidas podem ser calculadas, e sua unidade pode ser Km.
G3	Por cálculos matemáticos.
G4	* Km; *Coordenadas geográficas;
G5	Não sabemos
G6	Por kilometros ou coordenadas geográficas.
G7	Acho que são determinadas medindo em quilômetros
G8	Não entregaram
G9	Não entregaram

Quadro 17 - Respostas dos grupos à atividade 3.2

Os grupos **G1**, **G4**, **G6** e **G7** responderam a atividade, levando em consideração a unidade mais adequada para representar uma grande distância. O objetivo da atividade foi analisar se os alunos compreendem que algumas medidas não podem ser obtidas diretamente, como o caso das grandes distâncias. Além disso, a atividade objetivou identificar como os mesmos entendem que são realizadas tais medidas indiretas. Estes grupos não compreenderam a proposta da atividade, pois não identificaram um método ou possibilidade para serem determinadas as grandes distâncias.

Os grupos **G2** e **G3** identificaram que algumas medidas de grande extensão só podem ser determinadas se forem utilizados métodos como as ferramentas matemáticas. Além das ferramentas matemáticas, os alunos poderiam ter argumentado que as grandes distâncias podem ser determinadas levando-se em conta conceitos físicos, como por exemplo, determinar a distância em relação a determinado objeto, sabendo a velocidade e o intervalo de tempo que um corpo/partícula leva para chegar a este objeto.

O Quadro 18, a seguir, apresenta uma síntese da análise das respostas.

<u>Atividade 3.2</u>	
Competência relacionada	Investigação e Compreensão – Estratégias para o enfrentamento de situações problema.
Grupos que levaram em consideração e unidade mais adequada para representar uma grande distância.	G1, G4, G6 e G7.
Grupos que consideram ferramentas matemáticas para a determinação de grandes distâncias.	G2 e G3.
Grupos que não entregaram ou argumentaram não saber a resposta.	G5, G8 e G9.

Quadro 18 – Síntese da análise das respostas da Atividade 3.2

Nesta atividade a maioria dos grupos não compreendeu a proposta da atividade, pois não identificaram um método ou possibilidade para serem determinadas as grandes distâncias.

Atividade 4 - O sinal chega instantaneamente ao receptor GPS? Justificar.

Esta atividade foi desenvolvida depois do estudo das propriedades dos satélites. A partir da explicação de que os satélites GPS emitiam ondas de rádio, o conteúdo Ondas Eletromagnéticas foi abordado. A atividade objetivou analisar as concepções dos alunos sobre o tempo que o sinal leva para chegar ao receptor, e estando ligada com a competência de Investigação e Compreensão e relacionada

com as estratégias para o enfrentamento de soluções problema. As respostas estão descritas no Quadro 19, abaixo.

Atividade 4	
Grupo	Resposta
G1	Ele demora para captar o sinal, que é mandado pelo satélite, mais depois de captar as captações, elas chegam ao GPS, <u>a velocidade da luz</u> ¹⁵ .
G2	Não. Pois o GPS precisa localizar os satélites, que <u>dependendo da localização</u> o recebimento dos dados demora.
G3	Não, ele demora um tempo para coletar as informações.
G4	Não, porque demora alguns segundos para se localizar onde está.
G5	Ele chega mais demora para ao receptor.
G6	Não, porque eles tem que captar as informações e repassar a outros GPS's, (depende também da <u>distância</u>).
G7	Ele demora para captar o satélite, mas depois que ele o capta as informações são enviadas ao GPS na <u>velocidade da luz</u> .
G8	Não porque ele tem <u>velocidade</u> para ser medido.
G9	Não, o GPS precisa captar o sinal do satélite isso pode demorar um pouco, <u>depende da distância e da localização dele</u> .

Quadro 19 - Respostas dos grupos à atividade 4

O grupo **G4** atribuiu o tempo de ajuste no relógio do receptor e o tempo da localização dos satélites como sendo o responsável pela transmissão dos dados não ser algo instantâneo. Estes alunos não conseguiram, nesta atividade, relacionar que as ondas eletromagnéticas, mesmo se deslocando com velocidade de módulo próximo ao módulo da velocidade de luz, em relação a um referencial fixo na Terra, levam um certo tempo para se deslocarem dos satélites ao receptor, nem mesmo que este intervalo de tempo depende da distância entre os mesmos.

¹⁵ Grifos meus

Os estudantes dos grupos **G1**, **G7** e **G8** justificaram não ser instantânea a transmissão dos dados, por que as informações se deslocam com velocidade de módulo igual à velocidade da luz. Desta forma, pode-se afirmar que estes estabeleceram relações entre o funcionamento do GPS e a Física, pois relacionaram a velocidade de transmissão dos dados com a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas. Da mesma forma fizeram os grupos **G2**, **G6** e **G9**, que justificaram a não instantaneidade pelo fato de que o tempo para a transmissão dos dados depende da distância entre o receptor e o satélite. Na verdade, estas duas afirmações complementam a justificativa, pois mesmo tendo uma velocidade de módulo muito alto depende da distância entre satélite e receptor para se poder estimar o tempo dessa transmissão.

Os grupos **G3** e **G5** afirmaram corretamente que a transmissão não é instantânea, mas não justificaram suas respostas.

No Quadro 20, a seguir, é apresentada uma síntese da análise das respostas.

(Continua)

<u>Atividade 4</u>	
Competência relacionada	Investigação e Compreensão – Estratégias para o enfrentamento de situações problema.
Grupos que atribuíram o tempo de ajuste no relógio do receptor como sendo o responsável por não ser instantânea a transmissão dos dados.	G4.
Grupos que justificaram a não instantaneidade por que as informações se deslocam com velocidade de módulo igual ao módulo da velocidade da luz.	G1, G7e G8.

(Conclusão)

<u>Atividade 4</u>	
Grupos que justificaram a não instantaneidade, porque o tempo para a transmissão dos dados depende da distância entre o receptor e os satélites.	G2, G6 e G9.
Grupos que não justificaram a resposta.	G3 e G5.

Quadro 20 – Síntese da análise das respostas da Atividade 4.

Na atividade 4, boa parte dos grupos estabeleceu relações entre o funcionamento do GPS e a Física, relacionando a velocidade de transmissão de dados com a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas ou com a distância entre os receptores e satélites.

Atividade 5 - Estimar as seguintes medidas de tempo em segundos:

Um ano: _____

Um mês: _____

Um dia: _____

Um minuto: _____

Assim como na atividade 3, nesta atividade, procurou-se desenvolver nos alunos a competência de Investigação e Compreensão, proporcionando a estes a possibilidade de estabelecer estimativas de ordem de grandeza referentes a tempo. Esta atividade também foi desenvolvida juntamente com a aula sobre propriedade dos satélites. Nesta aula, foi destacado que, se não fossem realizadas correções

relativísticas no tempo do GPS, o sistema não estaria em funcionamento. Para uma melhor análise das respostas dos grupos, vamos observar o quanto estas se aproximam das ordens de grandeza tabeladas, conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007).

Ordens de grandeza de tempo em segundos:

Um ano: 10^7

Um mês: 10^6

Um dia: 10^5

Um minuto: 10^2

As respostas dos grupos estão listadas no Quadro 21, a seguir.

(Continua)

Atividade 5	
Grupo	Resposta
G1	Um ano: 52 56 00 Um mês: 43200 Um dia: 1440 Um minuto: 60
G2	Um ano: 31104000 s Um mês: 2592000 s Um dia: 86400 s Um minuto: 60 s
G3	Um ano: 32.140.800 segundos Um mês: 2. 678. 400 segundos Um dia: 86. 400 segundos Um minuto: 60 segundos
G4	Um ano: 32,140,800 segundos Um mês: 2,678,400 segundos Um dia: 86.400 segundos Um minuto: 60 segundos

(Conclusão)

Atividade 5	
Grupo	Resposta
G5	Um ano: 262800 segundos Um mês: 44640 segundos Um dia: 1440 segundos Um minuto: 60 segundos
G6	Um ano: 32140800 segundos Um mês: 2678400 segundos Um dia: 86400 segundos Um minuto: 60 segundos
G7	Um ano: 31.536.000 Um mês: 2.592.000 Um dia: 86.400 Um minuto: 60
G8	Um ano: 31104000 s Um mês: 2592000 s Um dia: 86.400 s Um minuto: 60 s
G9	Um ano: 31.536.000 segundos Um mês: 2.592.000 segundos Um dia: 86.400 segundos Um minuto: 60 segundos

Quadro 21 - Respostas dos grupos à atividade 5.

Pode-se destacar das respostas que os grupos **G2**, **G3**, **G4**, **G6** e **G8**, mesmo não tendo respondido todos os valores de maneira exata, expressaram valores que condizem com a ordem de grandeza tabela. Já os grupos **G1** e **G5** não conseguiram realizar a atividade, pois não apresentaram ordens de grandeza corretas. Os grupos **G7** e **G9** responderam corretamente a atividade, tanto referente à ordem de grandeza como aos valores exatos.

O quadro 22, a seguir, apresenta uma síntese da análise das respostas à atividade.

<u>Atividade 5</u>	
Competência relacionada	Investigação e Compreensão – Medidas, quantificações e grandezas.
Grupos que apresentam respostas que estão de acordo com as ordens de grandezas tabeladas.	G2, G3, G4, G6 e G8.
Grupos que não apresentam ordens de grandezas corretas, quando comparadas aos valores tabelados.	G1 e G5.
Grupos que não realizaram corretamente a atividade, tanto em relação às ordens de grandeza como aos valores exatos.	G7 e G9.

Quadro 22 – Síntese da análise das respostas da Atividade 5.

Nesta atividade, um ponto a ser destacado é que todos os grupos identificam que 1 minuto tem 60 segundos, mas alguns não conseguem relacionar esta resposta com as perguntas sobre a quantidade de segundos em 1 dia, 1 mês e 1 ano.

Atividade 6 – a) Determinar o módulo da velocidade de rotação da Terra. Apresentar o método utilizado.

b) Dêem um exemplo de velocidade cujo módulo é alto:

A sexta atividade foi desenvolvida na aula anterior às explicações sobre Relatividade, tendo em vista que os alunos teriam que ser postos a pensar sobre velocidades cujo módulo é alto e, inclusive, não podendo ser observáveis no cotidiano.

A primeira questão desta atividade objetivou analisar a capacidade dos alunos em descrever os procedimentos utilizados para a solução do problema proposto. Esta atividade foi desenvolvida com o intuito de desenvolver a competência de Representação e Comunicação relacionada à articulação dos símbolos e códigos de ciência e tecnologia. De acordo com os PCN+, a competência visa desenvolver no aluno, entre outras, a capacidade de construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas

A segunda questão da atividade buscou desenvolver a competência de Investigação e Compreensão com relação a medidas, quantificações, grandezas e escalas. A atividade proporcionou ao aluno fazer estimativas de ordem de grandeza de uma velocidade cujo módulo é alto e aproximar esta de um exemplar da realidade. Além disso, buscou analisar se os alunos reconheciam a velocidade da luz como tendo módulo alto e observar se o exemplo dado se aproximava do módulo da velocidade da luz de maneira significativa.

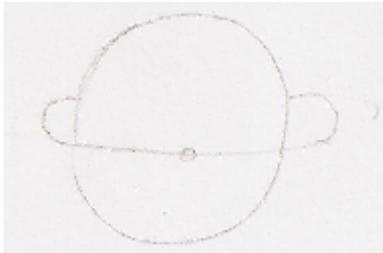
Para que os alunos pudessem resolver a atividade foi dado o valor do raio da Terra e a equação matemática para determinar o comprimento da circunferência. Foram dadas apenas estas informações, afim de que os grupos pudessem elaborar sua própria metodologia para a resolução da atividade.

As respostas dos grupos estão descritas, no Quadro 23, a seguir.

(Continua)

Atividade 6	
Grupo	Resposta
G1	$v = \frac{d}{t}$ <p>a) $v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,378}{24} = \frac{6,28 \cdot 6,378}{24} = 1,66891$ _____¹⁶</p> <p>b) Foguete</p>

(Continuação)

Atividade 6	
Grupo	Resposta
G2	$C = 2\pi r$ $C = 2 \times 3,14 \times 6.378 = 40.05384 \text{ Km}$ <p>a) $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$</p> $v = \frac{40.05384}{24} = 1.66891 \text{ Km/h}$ <p>b) Foguete/ Jato</p>
G3	$v = \frac{d}{t}$ <p>a)</p> $v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,378}{24} = \frac{6,28 \cdot 6,378}{24} = 1,66891 \text{ _____}$ <p>b) Um carro de fórmula !</p>
G4	<p>a) Raio da Terra = 6.378 Km</p> $2\pi = 6.378 \times 2\pi$ $40,053,840 \text{ _____}$ <p>b) Aviões , carros.</p>
G5	<p>a) $C = 2 \cdot \pi \cdot R$</p> $C = 2 \times 3,14 \times 6,378 = 40,05384 \text{ Km}$ <p>b)</p> 

(Conclusão)

Atividade 6	
Grupo	Resposta
G6	Em branco
G7	$C = 2\pi r$ $C = 2 \times 3,14 \times 6.378 = 40053,84 \text{ Km}$ <p>a) $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$</p> $v = \frac{40053,84}{24} = 1668,91 \text{ Km/h}$ <p>b) Um exemplo de velocidade cujo módulo é alto; é o Avião.</p>
G8	Não entregaram
G9	<p>a) Raio da Terra = 6.378 Km</p> <p>Cumprimento da circunferência= 2π</p> $6,28 \times 6.378 = 40,053,840 \text{ _____}$ <p>b) Avião, carros</p>

Quadro 23 - Respostas dos grupos à atividade 6.

Os grupos **G1** e **G3** não descreveram como obtiveram os valores da distância percorrida por um ponto na superfície da Terra em 24 horas. Já os grupos **G4**, **G5** e **G9** calcularam a distância percorrida por um ponto na superfície da Terra, mas não calcularam o módulo da velocidade de rotação. Cabe destacar também que os grupos **G1**, **G3**, **G4** e **G9** não colocaram unidades nos cálculos realizados, o que também evidencia que estes grupos não desenvolveram o domínio da linguagem Física para descrever os procedimentos. Os grupos **G2** e **G7** foram os grupos que mais se aproximaram deste domínio, por que especificaram os cálculos realizados e utilizaram as devidas unidades.

Os grupos **G1** e **G2** deram como exemplos de velocidades cujo módulo é alto, em relação a determinado referencial, foguetes e jato. As velocidades atingidas por estes são, respectivamente, próximas a 40.000 Km/h e 2.000 Km/h, que são

velocidades inferiores à velocidade da luz. Já os grupos **G3, G4, G7, G8 e G9** deram como exemplo carros e aviões, que apresentam velocidades ainda menores, quando comparadas à velocidade da luz. Cabe destacar que, até esta aula, os alunos não tinham tido explicação sobre qual era o módulo da velocidade da luz. O grupo **G5** respondeu a segunda questão da atividade com um desenho, o que não permitiu interpretar tal resposta.

Nos quadros 24 e 25, a seguir, são apresentadas sínteses da análise das respostas.

<u>Atividade 6 - a</u>	
Competência relacionada	Representação e Comunicação – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.
Grupos que não descreveram a metodologia para os cálculos realizados e não apresentaram unidades para os mesmos.	G1, G3, G4, G5 e G9.
Grupos que descreveram os métodos utilizados e apresentaram as devidas unidades.	G2 e G7.
Grupos que não entregaram a atividade ou entregaram em branco.	G6 e G8.

Quadro 24 – Síntese da análise das respostas da Atividade 6 a).

Mais uma atividade demonstrou que muitos grupos não colocam unidades nos cálculos realizados, mostrando que os alunos têm dificuldades em dominar a linguagem física, resolver as situações-problema e descrever os procedimentos.

<u>Atividade 6 - b</u>	
Competência relacionada	Investigação e Compreensão – Medidas, quantificações e grandezas.
Grupos que citaram como exemplo foguetes ou jatos.	G1 e G2.
Grupos que citaram como exemplo carros e aviões	G3, G4, G7, G8 e G9.
Grupo do qual não foi possível analisar a resposta.	G6.

Quadro 25 – Síntese da análise das respostas da Atividade 6 b)

Nesta atividade, cabe apontar que os valores de módulo de velocidade sugeridos pelos grupos se distanciam consideravelmente do módulo da velocidade da luz.

Atividade 7 – a) Façam estimativas de valores de módulos de velocidade, em km/h, para os seguintes casos:

Propagação do som no ar: _____

Velocidade da luz: _____

b) Calcule o módulo de algumas velocidades do seu cotidiano e apresentem o método utilizado para determinar essas velocidades.

A primeira questão desta atividade buscou verificar a capacidade dos alunos em estimar valores para velocidades. A segunda questão procurou desenvolver a capacidade de descrever procedimentos e elaborar hipóteses, em conformidade com a competência de Representação e Comunicação relacionada à elaboração de comunicações que, segundo os PCN+, busca fazer com que o aluno possa descrever acontecimentos que envolvam conceitos físicos. Esta atividade tem como objetivo aproximar os alunos de valores de módulos da velocidade, tendo em vista que as próximas aulas tratarão de velocidades cujo módulo é alto, em relação a determinado referencial, e que não podem ser experimentadas no cotidiano.

As respostas dos grupos estão descritas no Quadro 26, a seguir:

(Continua)

Atividade 7	
Grupo	Resposta
G1	<p>a) Propagação do som no ar: 340 m/s</p> <p style="padding-left: 40px;">Velocidade da luz: 300.000.000. m/s</p> <p>b) Calcule a distancia e o tempo sobre a velocidade que percorre.</p> <p style="padding-left: 40px;">Ex.: Se formos daqui a Porto Alegre e quissermos saber a velocidade basta fazer o cálculo acima.</p> <p style="padding-left: 40px;">Pessoas de classe social mais alta usam sensores de velocidade.</p>
G2	<p>a) Propagação do som no ar: 300 Km/h</p> <p style="padding-left: 40px;">Velocidade da luz: 3.000,000,000 Km/h</p> <p style="padding-left: 40px;">$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$</p> <p>b) $v = \frac{5}{0,15} = 33,33 \text{ Km/h}$</p>

(Continuação)

Atividade 7	
Grupo	Resposta
G3	<p>a) Propagação do som no ar: 360 m/s</p> <p style="padding-left: 40px;">Velocidade da luz: 3.000.000 <u>Km/h</u></p> <p>b) $v = 10 \cdot 4$ $v = 40$</p> <p>São 10 minutos para chegar em casa. E 4 metros até chegar.</p>
G4	<p>a) Como nós vamos saber?</p> <p>b) Em branco</p>
G5	<p>a) Propagação do som no ar: não sabemos</p> <p style="padding-left: 40px;">Velocidade da luz: não sabemos</p> <p>b) Não sabemos</p>
G6	<p>a) Propagação do som no ar: Em branco</p> <p style="padding-left: 40px;">Velocidade da luz: Em branco</p> <p>b) Distância do colégio até em casa 10 Km e o tempo que leva de casa para o colégio são 15 min.</p> <p style="text-align: center;">TEMPO PERCORRIDO DE CASA ATÉ A ESCOLA.</p>
G7	<p>a) Propagação do som no ar: 100000 Km/h</p> <p style="padding-left: 40px;">Velocidade da luz: 10000000000 Km/h</p> <p>b) 10 min. p/ ir pra casa = 0,16h</p> <p>500m = 0,5 Km</p> $v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{0,5}{0,16} = 3,12 \text{ Km/h}$

(Conclusão)

Atividade 7	
Grupo	Resposta
G8	a) Propagação do som no ar: 1224 Km/h Velocidade da luz: .3000 Km/h b) Velocidade que o G. leva para vir de casa ao colégio $v = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ $v = \frac{5 \text{ Km}}{10 \text{ min} \div 60} = \frac{5 \text{ km}}{0,16 \text{ h}} = 3,1 \text{ Km/h}$
G9	a) Propagação do som no ar: em branco Velocidade da luz: $3 \times 10 \text{ m/s} \cdot 300.000.000 \text{ m/s}$ b) Em branco

Quadro 26 - Respostas dos grupos à atividade 7.

O módulo da velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s , sendo assim, pode-se destacar que o grupo **G1** respondeu o valor exato para o módulo da velocidade do som, já o grupo **G3** estimou um valor bastante próximo do real. Os grupos **G2**, **G7** e **G8** responderam valores distantes dos tabelados, e os grupos **G4**, **G5**, **G6** e **G9** não responderam.

O módulo da velocidade da luz é de aproximadamente $300.000.000 \text{ m/s}$, deste modo os grupos **G1** e **G9** foram os que deram como estimativa o valor mais próximo ao exato. Os grupos **G2**, **G3**, **G7** e **G8** não deram estimativas próximas ao valor real, e os grupos **G4**, **G5** e **G6** não responderam.

Para a segunda questão da atividade, os grupos **G1** e **G6** apresentam alguns valores ou descrevem um possível método para determinar o módulo da velocidade,

mas não apresentam cálculos, diferentemente os grupos **G2** e **G8** apenas apresentam cálculos sem descrever o método utilizado. Os grupos **G3** e **G7** explicam o método para determinar o módulo da velocidade, no entanto, o grupo **G3** utilizou a equação errada e se esqueceu da unidade. Os grupos **G5** e **G9** não responderam a atividade.

Nos Quadros 27 e 28, são apresentadas sínteses da análise das respostas.

<u>Atividade 7 - a</u>	
Competência relacionada	Investigação e Compreensão – Medidas, quantificações e grandezas.
Grupos que responderam valores exatos para ao menos uma das perguntas.	G1 e G9.
Grupos que estimaram valores diferentes dos tabelados.	G2, G3, G7 e G8.
Grupos que deixaram de responder alguma das perguntas.	G4, G5, G6 e G9.

Quadro 27 – Síntese da análise das respostas da Atividade 7 a).

Na sétima atividade do planejamento, dois grupos responderam corretamente o valor do módulo da velocidade da luz, o que é um aspecto favorável ao entendimento da Teoria da Relatividade por ser um valor muito distante dos experimentados no dia-a-dia.

<u>Atividade 7 - b</u>	
Competência relacionada	Representação e Comunicação – Elaboração de comunicações.
Grupos que descreveram os métodos sem apresentar os cálculos.	G1 e G6.
Grupos que apresentaram os cálculos sem descrever os métodos.	G2 e G8.
Grupos que apresentaram cálculos e descreveram o método.	G3* e G7. * O grupo descreveu o raciocínio com sentido físico correto, no entanto utilizou uma equação errada.
Grupos que deixaram de responder alguma das perguntas.	G4, G5 e G9.

Quadro 28 – Síntese da análise das respostas da Atividade 7 b).

Muitos grupos não desenvolveram o solicitado na atividade, o que demonstra uma dificuldade da turma em descrever os procedimentos para a realização dos cálculos.

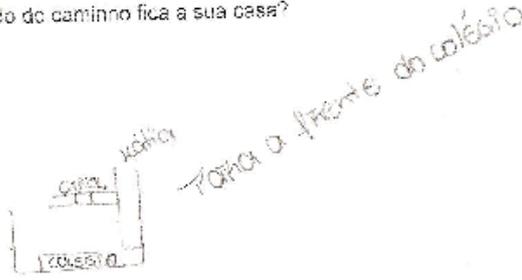
Atividade 8 - De que lado do caminho fica a sua casa?

Esta atividade objetivou identificar se os alunos consideram que os conceitos de direita e esquerda têm significado somente após se ter definido a direção em relação a qual se dá a definição. A atividade buscou desenvolver a competência de

Contextualização Sociocultural, apresentando a ciência e a tecnologia na cultura contemporânea, a fim de buscar compreender as formas pelas quais a Física influencia na interpretação do mundo atual. Esta atividade foi realizada antes de serem aplicadas as aulas sobre Teoria da Relatividade Restrita, apresentando como principal intuito o de aproximar o cotidiano dos alunos a um dos conceitos importantes de Relatividade que é referencial. Após os grupos entregarem a atividade, foi elaborado um quadro-síntese, para que toda a turma ficasse a par das respostas dos colegas e chegassem a uma conclusão coletiva, como de fato ocorreu. Todos os alunos concluíram que, para afirmar de que lado do caminho se encontra a sua residência, deve-se inicialmente fixar um sistema de referência. O caráter de coletividade desta atividade está em consonância com a perspectiva apontada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) de tornar a aprendizagem um desafio prazeroso e significativo para todos. Nessa perspectiva, os autores apontam que a sala de aula:

[...] passa a ser um espaço de trocas reais entre os alunos e entre eles e o professor, diálogo que é construído entre conhecimentos sobre o mundo em que se vive e que, ao ser um projeto coletivo, estabelece a mediação entre as demandas afetivas e cognitivas de cada um dos participantes (DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO , 2007, p. 153).

Nesta atividade, alguns alunos colocaram nomes nas respostas, por isso, a fim de manter o anonimato dos mesmos, foram identificados por Aluno X, sendo que X representa a primeira letra do nome. As respostas dos grupos estão listadas no Quadro 29, a seguir.

Atividade 8	
Grupo	Resposta
G1	Aluno I – Direito Aluno H – Esquerdo Aluno P– Esquerdo Aluno C – Direito
G2	<u>Indo</u> ¹⁷ : esquerdo <u>Vindo</u> : direita
G3	Aluno A – <u>de cima</u> direita; <u>de baixo</u> esquerda Aluno A2 – <u>de cima</u> direita; <u>de baixo</u> esquerda Aluno L – <u>de cima</u> direita; <u>de baixo</u> esquerda. Se formos por baixo nossa casa ficará do lado esquerdo. E se formos por cima, ficará do lado direito.
G4	Direito <u>de quem desce da rua</u> . Esquerdo para Aluno A.
G5	De que lado do cantinho fica a sua casa? 
G6	Esquerdo
G7	Aluno L - <u>Qdo eu volto do colégio p/ casa</u> , minha casa fica na minha direita.
G8	Direito
G9	<u>Depende do lado que estamos virados</u> . Aluno M. = esquerdo Aluno F = esquerdo Aluno J = esquerdo

Quadro 29 - Respostas dos grupos à atividade 8.

¹⁷ Grifos meus

Os grupos **G1, G5, G6 e G8** não identificaram que os conceitos de direita e esquerda são relativos e somente têm significado após estar determinada a direção segundo a qual se dá a definição.

Conforme o grifado acima, os grupos **G2, G3, G4, G7 e G9** compreendem que a resposta à atividade depende do referencial adotado, o que mostra que estes grupos associam a necessidade de definir um referencial para estabelecer uma localização. A compreensão do conceito físico de referencial se faz necessária para estabelecer relações entre a realidade e o modelo construído para descrevê-la, tal qual como apontam os PCN+.

O Quadro 30, a seguir, traz uma síntese da análise das respostas.

<u>Atividade 8</u>	
Competência relacionada	Contextualização Sociocultural – Ciência e tecnologia na cultura contemporânea.
Grupos que compreenderam que os conceitos de direita e esquerda são relativos.	G2, G3, G4, G7 e G9.
Grupos que não compreenderam que a resposta à atividade depende do referencial adotado.	G1, G5, G6 e G8.

Quadro 30 – Síntese da análise das respostas da Atividade 8.

Esta atividade demonstrou que mais da metade da turma estabeleceu relações entre conceitos físicos, como a necessidade de se estabelecer um referencial para definir o lado da casa, e a realidade

Atividade 9 - Em nosso dia-a-dia observamos estes efeitos? Justifique.

A atividade 9 foi aplicada aos alunos após terem sido discutidas e estudadas as conseqüências dos postulados de Einstein, Dilatação do Tempo e Contração das Distâncias. A atividade buscou identificar se os alunos compreenderam que estes fenômenos relativísticos somente são observados em situações cuja velocidade tenha módulo comparado ao módulo da velocidade da luz. Assim, esta atividade busca estar em consonância com a competência de Investigação e Compreensão, relacionada aos modelos explicativos e representativos, pois, segundo os PCN+, esta competência visa desenvolver no aluno a interpretação e a utilização de modelos explicativos, reconhecendo suas condições de aplicação. Justamente o proposto pela atividade era instigar os alunos a pensar sobre o porquê de não observarmos os fenômenos relativísticos no cotidiano. Desta forma, a atividade busca fazer com que os mesmos compreendam que o modelo utilizado nas explicações de sala de aula não pode ser utilizado na interpretação de situações do dia-a-dia, por que não experimentamos velocidades cujo módulo é comparável ao módulo da velocidade da luz.

As respostas dos grupos estão descritas no Quadro 31, a seguir.

(Continua)

Atividade 9	
Grupo	Resposta
G1	$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{1^2}{300,000^2}\right)}}$ $\gamma = \frac{1}{1 - 0,0000001}$ $\gamma = \frac{1}{0,9999999} = 1$ $\gamma = \frac{1}{1}$ $\gamma = 1$ $\Delta t_2 = \gamma \Delta t_1$ $100 = 1(100)$

(Conclusão)

Atividade 9	
Grupo	Resposta
G1¹⁸	<p>No caso em que usamos aqui da colega ir a direção... a vel do ex1 é > que a do ex.2</p> <p>So a dilatação do tempo quando <u>as velocidades forem muito grandes¹⁹...</u></p> <p>No nosso cotidiano não a dilatação porque <u>as velocidades são pequenas.</u></p>
G2	Não. Pois utilizamos <u>velocidades muito pequenas</u> para ocorrer uma dilatação no tempo.
G3	Não conseguimos ver estes efeitos no nosso dia-a-dia por que <u>tudo depende da velocidade nada é tão rápido.</u>
G4	Não, pois cada um tem um resultado diferente da dilatação do tempo porque depende da variação da velocidade que é baixa.
G5	Podemos perceber que cada um de nós temos efeitos diferentes.
G6	Sim, porque a nossa velocidade, conseguimos calcular com facilidade, pois ela é baixa comparada a um trem.
G7	<u>Nada anda tão rápido</u> que ocorra a dilatação do tempo.
G8	Não porque a <u>nossa velocidade é insignificante em comparação com a velocidade da luz.</u>
G9	Não conseguimos observar estes efeitos. Porque no cotidiano <u>nada é tão rápido.</u>

Quadro 31 - Respostas dos grupos à atividade 8.

Nesta atividade, os grupos **G1**, **G2**, **G3**, **G7**, **G8** e **G9** compreenderam que os fenômenos relativísticos não são observados no cotidiano, porque não experimentamos velocidades cujo módulo são comparáveis ao módulo da velocidade da luz.

Pode-se destacar que o grupo **G1** se utilizou dos códigos e símbolos matemáticos utilizados nas explicações em sala de aula para justificar que, em

¹⁸ Continuação da resposta do **G1**.

¹⁹ Grifos Meus

situações em que a velocidade do corpo é baixa, não se observa o efeito de dilatação do tempo. Segundo os PCN+, a competência de Representação e Comunicação é uma competência geral das disciplinas de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Para os parâmetros, estas disciplinas devem estimular o domínio da linguagem, com seus respectivos códigos e símbolos, bem como a articulação destes em sentenças, diagramas, gráficos e equações. Justamente o realizado pelo grupo **G1**.

O grupo **G6** justificou sua resposta levando em consideração apenas a velocidade do corpo em questão, sem relacioná-la ao módulo da velocidade da luz. O grupo **G4** levou em consideração a aceleração do corpo, pois mencionou a variação da velocidade do mesmo, o que não ocorre nos casos em que se aplica a Teoria da Relatividade Restrita, tal como fora realizado nos exemplos de sala de aula. O grupo **G5** destacou os conceitos físicos estudados, mencionando que observadores diferentes observam efeitos diferentes, no entanto não justificou corretamente a situação proposta na atividade.

O Quadro 32, a seguir, traz uma síntese da análise das respostas.

<u>Atividade 9</u>	
Competência relacionada	Investigação e Compreensão - Modelos explicativos e representativos.
Grupos que compreenderam que os fenômenos relativísticos não são observáveis no cotidiano, porque não experimentamos velocidades cujo módulo seja comparável ao da luz.	G1, G2, G3, G7, G8 e G9.
Grupos que justificaram as respostas em desacordo com as explicações de aula.	G4, G5 e G6.

Quadro 32 – Síntese da análise das respostas da Atividade 9.

Nesta atividade, a maioria dos grupos demonstrou compreender os limites do modelo utilizada para o estudo da Teoria da Relatividade Restrita, pois, dos nove grupos que responderam as atividades, seis reconheceram que os fenômenos relativísticos não são observáveis no dia-a-dia, porque não experimentamos velocidades cujo módulo seja comparável ao módulo da velocidade da luz.

3.2 Análise das respostas da avaliação da aprendizagem

Um mês após terem sido aplicadas as 13 aulas do planejamento didático, uma avaliação foi aplicada aos alunos. A esta avaliação os alunos puderam responder em duplas. A seguir, estão descritas as respostas das mesmas, sendo que a linguagem original dos alunos foi mantida.

Questão 1 - Citar alguns exemplos de como podemos nos localizar.

O objetivo desta questão foi avaliar se os alunos compreenderam a finalidade de utilização do Sistema de Posicionamento Global, bem como analisar se os mesmos relacionam as explicações e discussões das aulas com métodos de localização. Abaixo, no Quadro 33, estão descritas as respostas.

(Continua)

Questão 1	
Dupla	Resposta
D1	pelas estrelas, <u>GPS</u> ²⁰ ,
D2	Atravez de mapas, Bussulas, o sol, etc, <u>GPS</u> ...
D3	Sol, <u>GPS</u> , Pontos cardeais, Bússulas, Mapas.
D4	CELULAR <u>GPS</u> BÚSSULA
D5	Bússula, mapa, <u>GPS</u> , Sol, as estrelas

(Conclusão)

Questão 1	
Dupla	Resposta
D6	pelo Sol, mapa, <u>GPS</u> ,
D7	<u>GPS</u> , Sol, bússulas, mapas, etc...
D8	Sol Estrelas <u>GPS</u> Mapa
D9	MAPA, <u>GPS</u> , INTERNET, PELO SOL, BÚSSOLA;
D10	<u>GPS</u> , mapa, bússula, etc.
D11	mapa bússula <u>GPS</u>
D12	<u>GPS</u> MAPAS ASTRROS(estrelas, etc...) Trilateração
D13	Por <u>GPS</u> , por mapas, etc.

Quadro 33 – Respostas das duplas à Questão 1.

Pode-se destacar desta questão que todas as duplas citaram o Sistema de Posicionamento Global (GPS) como um exemplar de possibilidade de localização. Outro ponto a ser destacado diz respeito à presença do método da Trilateração em uma das respostas, o que mostra que a dupla relacionou as explicações da aula com fatos e situações do cotidiano.

Questão 2 - a) Você já conhecia um receptor GPS? Em caso afirmativo, de onde?

b) Qual a principal finalidade deste aparelho?

c) Como são obtidas as informações que o aparelho fornece?

Esta questão buscou identificar o quanto a aplicação do planejamento didático contribuiu para o conhecimento do GPS por parte dos alunos, bem como analisar se os mesmos utilizam nas respostas os conceitos e definições estudados. Nesta atividade, alguns alunos colocaram o nome, assim, para manter seu anonimato, os mesmos serão representados por Aluno X, onde X representa a primeira letra do nome do aluno. As respostas de cada dupla estão descritas no Quadro 34, a seguir.

(Continua)

Questão 2	
Dupla	Resposta
D1	a) sim, de um celular que continha GPS b) Nos localizar c) Por satélites
D2	a) Sim, eu vi na base aérea de Santa Maria. b) Medir distâncias, e localização. c) Ele envia um sinal para o satélite o satélite procura e mede a distância dos outro que são colocado fazendo o mesmo movimento da terra que envia o posicionamento GPS nos dando a nossa posição.
D3	a) Não b) Localização c) Por satélites
D4	a) Não b) Nos localizar. c) Por satélites
D5	a) Sim. Tem no carro do meu primo. Tem também no carro do meus primos. b) Nos ajudar na localização. c) Pelos satélites.
D6	a) Aluno A: Sim, celular do pai e colégio. Aluno L: Não. b) Localização. c) Satélite.

(Conclusão)

Questão 2	
Dupla	Resposta
D7	a) Não b) Dar a localização exata. c) Via satélite.
D8	a) Sim, via na TV, nas lojas, só nunca usei b) Para se localizar c) Pelo satélite.
D9	a) Conhecíamos pela televisão, mas não pessoalmente. Depois conhecemos na escola com a estagiária de física. b) A localização em qualquer canto do mundo. c) Pelo satélite
D10	a) Não b) Ajudar uma pessoa a se localizar c) Através do satélite.
D11	a) Não b) Localização c) Ele capta as informações da Terra e manda para o GPS.
D12	a) Sim, visualmente em lojas automotivas. b) Seu posicionamento e localização. c) Via satélite?
D13	a) Sim, das suas aulas b) Saber a localização exata de onde estamos c) por satellite

Quadro 34 – Respostas das duplas à Questão 2.

Ao serem analisadas as respostas da pergunta da letra A, pode-se perceber que a metade das duplas conheciam um receptor GPS, os outros ficaram conhecendo por intermédio da aplicação do planejamento didático, o que é um ponto a ser destacado, pois a intervenção didática proporcionou aos alunos conhecer, manusear e compreender alguns dos conceitos físicos associados ao funcionamento

de um aparelho tecnológico, como por exemplo, ondas eletromagnéticas, velocidade da luz e Teoria da Relatividade Restrita. As respostas à pergunta de letra B mostram que todas as duplas compreenderam que a aplicabilidade do GPS no cotidiano é a de localização. Já as respostas para a terceira pergunta da questão 2, demonstram que a maioria das duplas estabelece a associação entre transmissão de dados e os satélites, o que mostra que os alunos se utilizam da linguagem e das explicações desenvolvidas em sala de aula para justificar suas respostas.

Questão 3 - Citar e explicar alguns exemplos de medidas que podem ser realizadas direta e indiretamente.

Esta questão buscou identificar se os alunos identificam e diferenciam medidas que podem ser obtidas direta e indiretamente. As respostas das duplas à questão 3 estão listadas, no Quadro 35, a seguir.

(Continua)

Questão 3	
Dupla	Resposta
D1	direta por GPS Indireta por mapas
D2	Direta – medida da porta Indireta – medida do mundo
D3	- diretamente: prédio da escola, porta, mesa, diâmetro de um lápis indiretamente: circunferência da Terra, distância entre a Terra e o Sol...
D4	Direta: medir a porta. É fácil de medir, pois é uma medida pequena. Indireta: medir o diâmetro da Terra. Não podemos fazer isso, a Terra é enorme.
D5	Direta: mapa, Gps Indireta – Nascimento do Sol.

(Conclusão)

Questão 3	
Dupla	Resposta
D6	direta – mesa, medida de uma pessoa. indireta – átomo, terra.
D7	Distância, altura, comprimento.
D8	direto – é tudo que possa medir. Ex: trena, régua... ind – é as que não dá p/ medir, tem que colocar um valor aproximado da medida.
D9	Medidas diretas: uma classe, uma casa, a altura de uma pessoa. Medidas indiretas: medir um átomo, a terra, um edifício.
D10	Não responderam
D11	medida da Terra: indiretamente Medida da sala: diretamente
D12	Trena, régua e calculos
D13	Não responderam

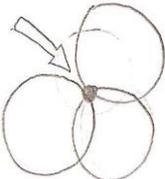
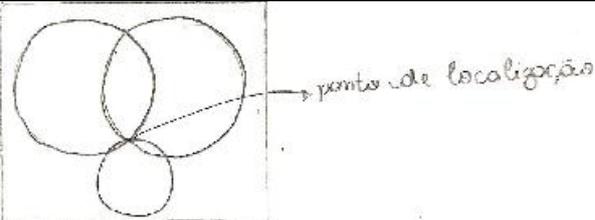
Quadro 35 – Respostas das duplas à Questão 3.

Nesta questão, pode-se destacar que as duplas **D2, D3, D4, D6, D9 e D11** compreenderam as diferenças entre medidas diretas e indiretas, além disso, estas duplas conseguem dar exemplos de acordo com as aulas. Já as duplas **D1 e D5** citam como medida direta o GPS, o que está em desacordo com as aulas, pois, para que o receptor dê medidas de comprimento/distância, são realizados cálculos nos sistemas computacionais dos satélites, o que torna esta mediada indireta. As duplas **D7, D8, D10 e D12** não justificaram corretamente as diferenças entre as medidas diretas e indiretas, ou então não responderam a questão.

Questão 4 - Considere a seguinte situação: Você está praticando o esporte conhecido como Orientação, dispõe de um mapa, mas não faz a menor idéia de onde se encontra. Se você tiver informações a respeito de sua distância a três locais conhecidos, como você poderá saber sua própria localização?

Esta questão objetivou identificar se os alunos relacionam a situação descrita com o método da Trilateração que foi estudado em aula. As respostas das duplas estão descritas no Quadro 36, a seguir.

(Continua)

Questão 4	
Dupla	Resposta
D1	Medirá mais ou menos a distância e o tempo.
D2	<u>Trilateração</u> ²¹
D3	através da <u>trilateração</u>
D4	Pegando um mapa e perguntando para as pessoas a distância dos lugares. Depois se desenha uma circunferência no mapa a partir dos lugares.
D5	Por que com três lugar dá pra saber onde você está, é só procurar no mapa o ponto que é comum para os três.
D6	Precisamos de 3 localizações para podermos saber onde estamos.
D7	Pela <u>trilateração</u>
D8	Pelo ponto que eles se ligam 
D9	

²¹ Grifos meus

(Conclusão)

Questão 4	
Dupla	Resposta
D10	Por <u>trilateração</u>
D11	Precisamos saber 3 lugares para saber onde estamos pois é só procurar o ponto comum entre os 3.
D12	Depende Procura sempre encontrar a cidade que está ao norte do ponto em que me encontro, através dele começo minha localização.
D13	<u>trilateração</u>

Quadro 36 – Respostas das duplas à Questão 4.

As respostas das duplas **D2**, **D3**, **D7**, **D10** e **D13** mostram que estes alunos identificaram como melhor método de localização para a situação apresentada a Trilateração. Já as duplas **D4**, **D5**, **D8**, **D9** e **D11** não explicitam o nome do método, mas descrevem a metodologia ou apresentam ilustrações, conforme as explicadas em sala de aula, o que mostra que a maioria dos alunos estabeleceu relações entre as explicações e as discussões da sala de aula e as situações do cotidiano. As duplas **D1**, **D6** e **D12** apresentaram possibilidades de localização diferentes das estudadas em aula.

Questão 5 - Quando ligado, um receptor GPS necessita de um certo tempo até ajustar o relógio. Por que este ajuste é necessário?

Esta questão objetivou analisar se os estudantes relacionam este ajuste à sincronização necessária entre os relógios do receptor e dos satélites. Conforme foi estudado nas aulas, esta sincronização é necessária para o pleno funcionamento do sistema, pois, se os relógios não estiverem sincronizados, não será possível determinar a distância entre o receptor e cada satélite. As respostas das duplas estão descritas, no Quadro 37, a seguir.

Questão 5	
Dupla	Resposta
D1	Para saber a localização
D2	Por causa da dilatação do <u>tempo</u> ²²
D3	Para <u>atualizar a hora</u> e para captar a nossa localização.
D4	Para os dados do satélite chegar ao GPS.
D5	Para dar a informação certa, e para receber onde estamos....
D6	Para se conectar com o satélite mais próximo e <u>sincronizar os seus relógios</u> .
D7	Não responderam
D8	Porque ele tem que apagar o Sinal do Satélite.
D9	Porque ao ligarmos o aparelho o satélite está em movimento, e demora até receber as informações.
D10	Para que tudo se ajuste a ter uma localização com sucesso.
D11	Para dar informações certas e nos mostrar localizações.
D12	Por que, se este ajuste não ocorrer, ele ficará com as configurações passadas.
D13	Para conseguir se conectar com o satélite.

Quadro 37 – Respostas das duplas à Questão 5.

As duplas **D2**, **D3** e **D6** deram suas respostas coerentes com as explicações de aula, pois explicaram que o tempo é necessário para o ajuste dos relógios. A dupla **D2** parece reconhecer que, para os relógios estarem sincronizados, é preciso considerar a dilatação do tempo. Já as duplas **D1**, **D4**, **D5**, **D7**, **D8**, **D9**, **D10**, **D11**, **D12** e **D13** não responderam ou apresentaram outras justificativas ao questionamento, como, por exemplo, a argumentação de que o tempo de ajuste do relógio ocorre pelo fato de que os dados do satélite precisariam de um certo tempo até chegarem ao receptor, o que é correto, pois, conforme o estudado, a transmissão dos dados não é instantânea, embora esta não seja a justificativa para o ajuste dos relógios.

²² Grifos meus.

Questão 6 - Considerar os exemplos a seguir:



Figura 2 - Ilustração referente à questão 6.

Estes são exemplos de relatividade do tempo? Justificar a resposta.

Na aplicação do planejamento didático, procurou-se destacar que a Teoria da Relatividade trata do tempo físico e não do tempo psicológico, como muitas vezes erroneamente é mostrado na mídia ou até mesmo em livros didáticos. Esta questão busca analisar se os alunos compreenderam a diferença, mostrando situações em que é considerado o tempo psicológico e perguntando se estes são exemplos de relatividade do tempo. As respostas dos alunos estão listadas no Quadro 38, a seguir.

Questão 6	
Dupla	Resposta
D1	sim, quando fazemos algo que gostamos o tempo passa rápido, e quando fazemos algo que não gostamos parece que é o triplo do tempo.
D2	Não porque o que causa isso é nosso cérebro.
D3	Sim. É a maneira de como ocupamos o tempo; se estamos fazendo algo que nos agrada temos a sensação de que o tempo está passando mais rápido e quando é algo que não gostamos parece que o tempo demora mais pra passar.
D4	Sim, pois quando estamos fazendo algo que gostamos o tempo passa rápido, e quando é algo que não gostamos, leva muito tempo.
D5	Não. Quando nós estamos fazendo algo que gostamos parece que passa mais rápido o tempo, mas é só uma impressão, passou o mesmo tempo.
D6	Sim. O dentista que é uma coisa chata parece demorar MUITO e ouvir musica passa muito rápido pq é legal.
D7	Não,
D8	Não, 1 hora no dentista ou 1 hora ouvindo música, é o mesmo tempo só que, quando estamos fazendo algo que gostamos temos a impressão que o tempo passa mais rápido e vice-versa.
D9	Sim. Quando a pessoa está no dentista o tempo demora para passar porque não uma coisa que te agrada, gera um certo desconforto. Já escutando música é diferente, pois gera um conforto e tu gosta...
D10	Não responderam
D11	Sim, pois quando fizemos algo que gostamos o tempo passa mais rápido, mas isso,é só uma impressão, pois os dois passaram ao mesmo tempo.
D12	Sim, quando fizemos algo em que gostamos o tempo passa mais rápido, já quando temos algo ou não gostamos demora muito mais...
D13	Qdo fazemos algo que gostamos, não ficamos cuidando o relógio e não sentimos o tempo passar.

Quadro 38 – Respostas das duplas à Questão 6.

As duplas **D1**, **D3**, **D4**, **D6**, **D9**, **D11**, **D12** e **D13** justificaram que as situações ilustradas na questão são exemplos de relatividade do tempo, o que mostra que estes alunos não compreenderam que a Teoria da Relatividade trata apenas do tempo físico, ou seja, aquele que pode ser verificado por um relógio. As duplas **D2**, **D5** e **D8** justificaram corretamente que as situações representam impressões

psicológicas sobre tempo e não são as consideradas na Teoria da Relatividade. Já a dupla **D7** respondeu sem justificar que não eram exemplos corretos, enquanto que a dupla **D10** não respondeu a questão.

Questão 7 – Considerar a Tirinha do Calvin. Por que Calvin acha que Einstein é uma fraude?

Esta questão buscou analisar se os alunos compreenderam que a dilatação do tempo só ocorre para casos em que as velocidades têm módulo comparáveis ao módulo da velocidade da luz, bem como analisar se os mesmos reconhecem que, no cotidiano, os efeitos relativísticos não são perceptíveis, por que não são experimentadas velocidades de módulo tão alto. As respostas das duplas estão descritas, no Quadro 39, a seguir.

(Continua)

Questão 7	
Dupla	Resposta
D1	Por que Calvin achava que se ele fosse rápido de mais o tempo pararia, mas ele viu que o tempo nunca pára.
D2	Porque o tempo não parou, somente eles se arreentaram e o relógio estragou, mas é porque eles fizeram algumas coisas erradas que não convinham com as leis de Einstein.
D3	Por que o que eles pensam, não coincide com a teoria que Einstein criou.
D4	Por que ele fez uma experiência diferente, que na verdade, não tinha nada a ver com a teoria da relatividade.
D5	Por que o Calvin achou que o tempo ia parar, mas na Teoria da Relatividade o tempo não para, a velocidade que é mais rápida que o tempo.
D6	Pq ele não conseguiu provar a teoria da relatividade.
D7	Porque o experimento que fez estava errado.
D8	pq ele axo q o tempo ia parar mas o tempo ã para.
D9	Porque Calvin pensou que quanto mais rápido iria, mais devagar o tempo passava.

(Conclusão)

Questão 7	
Dupla	Resposta
D10	Ele achava que era fraude porque ele entendeu que o tempo andava mais devagar, mas na verdade aumentava a velocidade.
D11	Não responderam
D12	Pq achava que se ele fosse rápido com seu carrinho o tempo pararia, mas ele viu que não para.
D13	Porque pensou que em alta velocidade iria parar, mas o que ocorre é uma dilatação.

Quadro 39 – Respostas das duplas à Questão 7.

Nesta questão, pode-se destacar que nenhuma das duplas justificou sua resposta a partir das explicações das aulas, ou seja, ressaltando que o experimento não deu certo, porque a velocidade atingida pelo carrinho, em relação a um determinado referencial, não foi suficiente para que fossem percebidos ou detectados os efeitos relativísticos.

Questão 8 - Quando um raio cósmico de alta energia (partícula primária cuja origem ainda é desconhecida pela ciência) colide com núcleos de moléculas na alta atmosfera terrestre, ele dá origem a uma sequência de interações nucleares e eletromagnéticas, produzindo uma cascata de partículas que se deslocam com velocidades próximas à velocidade da luz. (FAUTH, A. C. et al, 2007). Uma destas partículas é o múon, que tem uma vida média de apenas 2,2 μs , ou seja 2×10^{-6} s (TIPLER e Mosca, 2009). Como explicar a detecção de múons ao nível do mar?

Esta questão buscou analisar se os alunos aplicavam os estudos e discussões realizados em aula na explicação de fenômenos da natureza. A situação descrita na questão só pode ser justificada a partir da Teoria da Relatividade, pois, se não fossem considerados os efeitos relativísticos, não seria possível explicar a detecção dos Múons ao nível do mar. As respostas das duplas estão descritas no Quadro 40, a seguir.

Questão 8	
Dupla	Resposta
D1	fixando o referencial na Terra, com a velocidade da atmosfera com a velocidade dos múons.
D2	A velocidade dos múons, fixando um referencial na terra e a velocidade da atmosfera.
D3	Ocorre a dilatação do tempo pois a velocidade dos múons é quase a mesma da maior velocidade que há, ou seja, da luz ²³ .
D4	É porque os múons possuem uma vel. muito próxima a da vel. da luz, por isso ocorre a dilatação do tempo e eles conseguem chegar ao nível do mar.
D5	Por que eles tem uma velocidade muito próxima a velocidade da luz. <u>Dilatação do tempo.</u>
D6	Por causa da <u>dilatação do tempo.</u>
D7	Fixando o referencial na Terra com velocidade da atmosfera mais a velocidade dos múons.
D8	Porque eles possuem uma velocidade próxima da vel. da luz, com isso ocorrendo na dilatação do tempo. A, vel. da luz é a vel. mais rápida que existe.
D9	Não responderam
D10	Não responderam
D11	Não responderam
D12	fixando o referencial na terra, com a vel. da atm. Com a vel. dos moinhos.
D13	Não sei

Quadro 40 – Respostas das duplas à Questão 8.

A partir da análise das respostas, pode-se destacar que as duplas **D3**, **D4**, **D5**, **D6** e **D8** relacionaram os conteúdos trabalhados em sala de aula com fenômenos que ocorrem na natureza, pois justificaram de acordo com as discussões de sala de aula a detecção de múons ao nível do mar. As duplas **D1**, **D2**, **D7**, **D9**, **D10**, **D11**, **D12** e **D13** não justificaram coerentemente a resposta ou não responderam.

²³ Grifos meus

Questão 9 - Comentar a afirmação: “Se não fosse Einstein, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) não estaria em funcionamento.”

Esta questão objetivou analisar se, após as aulas do planejamento, os alunos relacionam os conceitos e definições da Teoria da Relatividade de Einstein com o Sistema de Posicionamento Global. As respostas das duplas estão descritas no Quadro 41, a seguir.

Questão 9	
Dupla	Resposta
D1	Porque Einstein descobriu que através do GPS iríamos conseguir nos localizar em qualquer lugar que estivéssemos.
D2	Porque Einstein descobriu que através do GPS iríamos conseguir nos localizar em qualquer lugar que estivéssemos.
D3	Não responderam.
D4	É porque precisa-se de muitas constas. Einstein ajudou.
D5	Porque ele descobriu a Teoria da Relatividade.
D6	Pq foi Einstein que descobriu a Teoria da Relatividade.
D7	Não responderam
D8	Sim, pois foi ele em que descobriu a teoria da relatividade da Física, e isso influência no GPS.
D9	Não responderam
D10	É verdade.
D11	Não responderam
D12	Não responderam
D13	Não responderam

Quadro 41 – Respostas das duplas à Questão 9.

As duplas **D5**, **D6** e **D8** relacionaram o nome de Einstein com a Teoria da Relatividade e ainda atribuíram a este o funcionamento do GPS. As duplas **D1**, **D2**, **D3**, **D4**, **D7**, **D9**, **D10**, **D11**, **D12** e **D13** não responderam coerentemente a questão ou não responderam.

3.3 Avaliação da implementação do planejamento

Após terem sido implementadas as aulas do planejamento, foi aplicado um questionário aos alunos. Este questionário objetivou levantar as impressões e opiniões dos alunos sobre as aulas. As perguntas do questionário e os respectivos resultados serão descritos a seguir.

Questão 1 - Em uma escala de zero a cinco, como as aulas contribuíram para melhor compreender a Teoria da Relatividade?

0 1 2 3 4 5

Nesta questão, os estudantes puderam opinar o quanto as aulas contribuíram para sua aprendizagem. O gráfico 6, a seguir, mostra a escala de notas e o número de alunos que atribuiu cada nota.

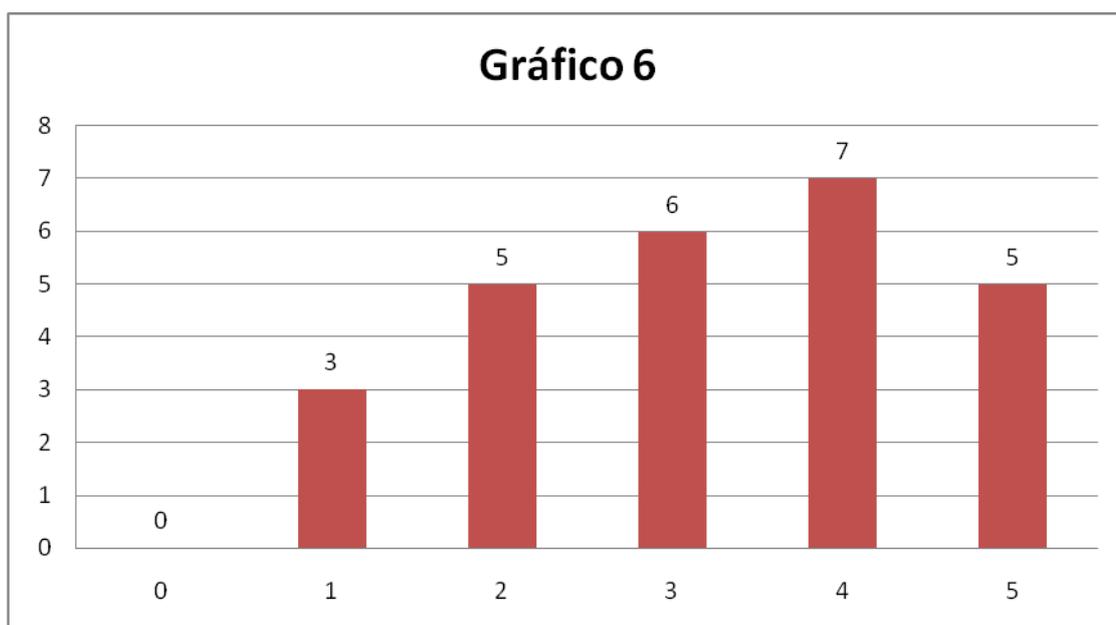


Gráfico 6 – Notas dos alunos referente a contribuição das aulas

A partir da análise do Gráfico 6, pode-se perceber que, dos 26 alunos que responderam o questionário, mais da metade, ou seja, 18 alunos atribuíram as três maiores notas da escala de zero a cinco, o que permite inferir que o planejamento contribuiu para a aprendizagem da Teoria da Relatividade.

Questão 2 - Quais aspectos das aulas você considerou mais relevantes? Por quê?

Esta questão procurou identificar o que os alunos mais gostaram e se interessaram nas aulas do planejamento. As respostas de cada aluno estão descritas no Quadro 42, na sequência.

(Continua

Questão 2	
Aluno	Resposta
A1	Sobre o experimento com <u>GPS</u> ²⁴ . Pois eu não sabia que era tão importante, o uso do GPS.
A2	Ir a sala de vídeo. Porque os slides que ela trazia eram bem explícitos não precisava nem de explicação.
A3	A forma diferenciada de ensinar na sala digital.
A4	Para que serve <u>GPS</u> . Porque deu para compreender mais e explicou com mais clareza a sua <u>importância no nosso dia-a-dia</u> .
A5	Os métodos diferentes que foram aplicados, como data-show, uso de trenas réguas, linhas, etc...para diferentes cálculos e medições. Isso fez com que a gente interagisse mais, buscando um melhor conhecimento.
A6	A <u>utilização do GPS</u> no pátio, pois muitas pessoas nunca tinham visto.
A7	A <u>utilização do GPS</u> , por que conhecemos o aparelho e como se utiliza.
A8	Eu achei importante todas as aulas pq a professora ã só passava no quadro ela dava folhas (alguns não gostavam) mas eu achei diferente.

(Conclusão)

Questão 2	
Aluno	Resposta
A9	Quando usamos o data-show. Porque foi uma aula com visualização do que nós estamos estudando.
A10	As aulas na sala de vídeo, por que ela explicou melhor.
A11	Um pouco de tudo porque o que me causava dúvida foi esclarecido.
A12	A grande capacidade de passar para a turma a Teoria.
A13	Sala de vídeo que foi mais visual ...melhor pra nosso entendimento.
A14	A parte em que falava sobre <u>GPS</u> , porque aprendi muitas coisas que não sabia.
A15	As aulas na sala de vídeo
A16	Não sei
A17	X
A18	_____
A19	_____
A20	Tudo o que foi passado
A21	Todas...
A22	As aulas diversificadas na sala de vídeo, com slides explicando a matéria. Isso ajudou na compreensão.
A23	As aulas em slides, ficaram de melhor compreensão.
A24	A atenção de profª conosco
A25	Tudo o que aprendemos nas aulas é importante.
A26	OS SLIDES porque chama mais atenção.

Quadro 42 – Respostas dos alunos à Questão 2 da Avaliação da Implementação.

Das respostas dos alunos, pode-se destacar que alguns consideraram relevante o estudo do Sistema de Posicionamento Global (GPS), tanto por conhecer e manusear o aparelho como por compreender sua utilização e importância no cotidiano. No entanto, não se pode deixar de observar que a maioria das respostas apontou como relevante a utilização dos recursos multimídias que a escola ofereceu,

²⁴ Grifos meus

o que mostra a valorização por parte dos alunos das Tecnologias de Informação e Comunicação nas aulas de física.

Questão 3 - O fato das aulas aproximarem a Teoria da Relatividade Restrita (TRR) do funcionamento do Sistema de Posicionamento Global (GPS) é algo que:

- a) Confunde
- b) É equivalente a aulas tradicionais
- c) Enriquece o aprendizado

Justificar a opção assinalada.

A partir das respostas dos alunos, foi elaborado o Gráfico 7, a seguir, que mostra a quantidade e a porcentagem de alunos que marcaram cada alternativa.

Neste gráfico, foram utilizadas as respostas de 25 alunos, pois um dos alunos marcou duas alternativas, dando como respostas Confunde e Enriquece o Aprendizado.

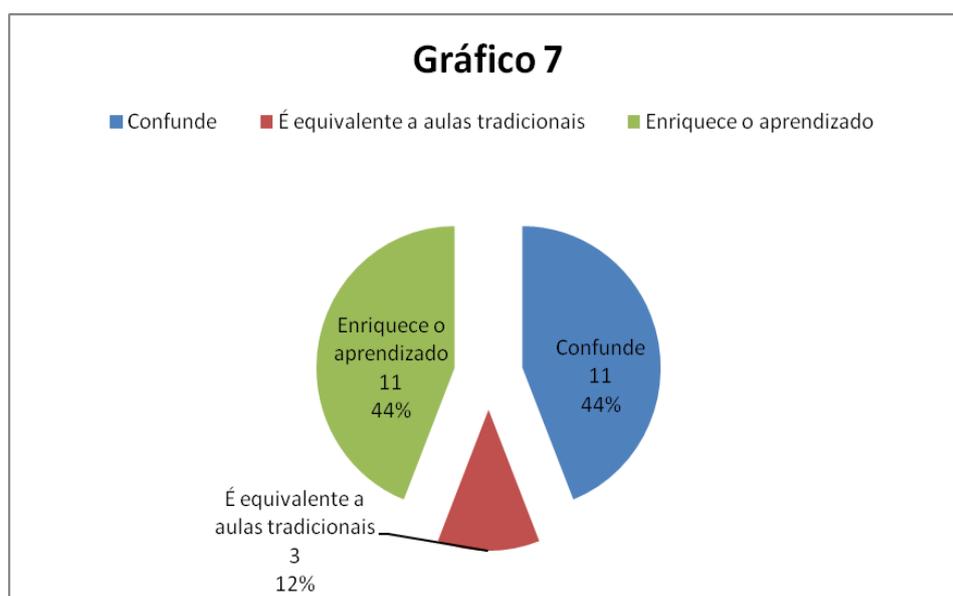


Gráfico 7 – Avaliação dos alunos referente a aproximação entre TRR e GPS

As justificativas para as alternativas marcadas estão descritas a seguir.

- Confunde

A3 – É algo complicado demais²⁵, que na minha opinião não cabe aos alunos do 2º ano. (CONFUNDE)

A6 – É muita coisa para saber. (CONFUNDE)

A7 – Confundi porque não entendi quase nada, é uma coisa meia complicada me confundiu um pouquinho. (CONFUNDE)

A8 – Eu achei confuso porque eu não entendi muito bem, muitos alunos ã deixavam prestar atenção. (CONFUNDE)

A10 – Não justificou (CONFUNDE)

A16 – Confundi porque são muitas fórmulas e achei estranho. (CONFUNDE)

A17 – Não consegui entender nada do explicado. (CONFUNDE)

A18 – Eu não consegui entender, nenhum pouco dos dois. (CONFUNDE)

A19 – Não entendi nada. (CONFUNDE)

²⁵ Grifos meus.

A20 – Me confundiu bastante, na verdade entendi muito pouco “conversa de mais” (CONFUNDE)

A21 – Porque são muitas contas, ou coisas diferentes... (CONFUNDE)

A26 – Um pouco no início confunde, mais é bom para o aprendizados, caso um dia a gente precise usar GPS. (CONFUNDE e ENRIQUECE O APRENDIZADO)

- É equivalente a aulas tradicionais

A9 – Por que foi uma aula como as outras só que mais descontraída e mais fácil de aprender. (É EQUIVALENTE A AULAS TRADICIONAIS)

A11 – Tipo entendi um pouco mais que eu já sabia. (É EQUIVALENTE A AULAS TRADICIONAIS)

A23 – É basicamente o que precisamos para ter um bom aprendizado. (É EQUIVALENTE A AULAS TRADICIONAIS)

- Enriquece o aprendizado

A1 – Não justificou (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A2 - Porque ela juntou as duas matérias em uma só. (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A4 – Deu para entender melhor para que serve, como funciona e para nossos dia-a-dia. (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A5– Os métodos diferentes que foram aplicados, como data-show, uso de trenas réguas, linhas, etc...para diferentes cálculos e medições. Isso fez com que a gente interagisse mais, buscando um melhor conhecimento. (idem ao que disse na 2ª questão) (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A12 – Assim aprofundamos mais o conhecimento sobre o GPS. (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A13 – o objetivo de juntar as matérias em uma só fazendo com que nosso entendimento fosse mais profundo. (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A14 – Porque aprendemos mais sobre o assunto. (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A15 –Por que nunca tinha estudado isto. (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A22 – Por que juntou as 2 matérias e uma fez parte da outra, assim aprendemos tudo de uma vez só. (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A24 – Não justificou (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

A25 – Foi interessantes e legais (ENRIQUECE O APRENDIZADO)

Cabe destacar que muitos dos alunos que marcaram CONFUNDE justificaram a resposta alegando que as explicações e contas eram muitas e complicadas. Este fato demonstra que as maiores dificuldades não foram compreender os conceitos físicos e as definições, mas saber utilizar a matemática como ferramenta da Física, o que é necessário.

Questão 4 - Por favor, comentar quaisquer outros aspectos que achar relevante.

Esta questão buscou proporcionar ao aluno registrar anonimamente as impressões, críticas, elogios, etc. referentes ao planejamento didático implementado. Os comentários estão transcritos no Quadro 43, a seguir.

(Continua)

Questão 4	
Aluno	Resposta
A1	Sobre o uso do GPS, e a dilatação do tempo.
A2	Não tenho comentários a fazer.
A3	Muitas vezes as aulas foram <u>repetitivas, cansativas</u> ²⁶ e abordaram <u>assuntos de total desinteresse</u> da turma, por isso talvez tenha baixo aproveitamento e pouca resposta da turma.
A4	Na minha opinião, as aulas poderiam terem sido com mais desenvolvimento dos alunos e também da professora. Muitas aulas, muitos alunos não prestavam atenção nas aulas e mesmo assim entendi um pouco sobre GPS.
A5	Adorei sua aula!! São de professores assim que os colégios precisam, professores que trabalhem com algo novo, moderno, algo que <u>os alunos gostam e usam fora da escola também...</u>

²⁶ Grifos meus

(Conclusão)

Questão 4	
Aluno	Resposta
A6	Foi importante termos usado a sala de vídeo, isso muda a rotina das aulas.
A7	Não comentou
A8	Eu achei importante nas aulas da Prof. ^a Carla que ela quanto tinha um objetivo os alunos não paravam quietos ela chamava a atenção e a maioria das vezes mais da “metade da sala” prestava atenção. Acho que ela vai ser uma boa professora.
A9	Não tenho nenhum comentário.
A10	Não tenho comentários.
A11	Não tem o que comentar você fez a sua parte e se entenderam foi porque não prestaram atenção.
A12	<u>Aulas diferentes</u> com excelentes resultados.
A13	A matéria nem si ajudou bastante <u>explorando de nós muito pensar</u> , na parte de cálculos, enfim fez com que o conteúdo e a aula não se tornasse chata.
A14	Não tenho o que comentar
A15	A sua atenção conosco
A16	- - - - -
A17	- - - - -
A18	- - - - -
A19	Muito falado
A20	Nada a declarar
A21	Nada a declarar...
A22	Os exemplos da matéria, os quais eram todos <u>ligados ao nosso dia-a-dia</u> .
A23	A paciência para com nosco foi bastante importante.
A24	Não tem, foi tudo bom, somente exercícios podem ser dados!
A25	Não comentou.
A26	Nada a declarar!

Quadro 43 – Respostas dos alunos à Questão 4 da Avaliação da Implementação.

Dos comentários acima, pode-se perceber que as aulas não agradaram a todos os alunos, pois ocorreram comentários sobre aulas cansativas e repetitivas, talvez pelo formalismo matemático e pela repetição de alguns conceitos físicos. Mas outros comentários demonstram que foram alcançados os objetivos propostos, como, proporcionar momentos em que o aluno poderia desenvolver hipóteses e construir o conhecimento. Além disso, alguns comentários demonstraram que os alunos viram a aplicabilidade das discussões de sala de aula em seu dia-a-dia, o que vem mostrar que o planejamento didático contemplou uma das diretrizes apontadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais de formar o aluno, afim de que ele possa compreender e intervir no mundo que o cerca.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação de título A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO ALIADA À TECNOLOGIA DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS) traduz a aproximação entre conteúdos de Física e aparatos tecnológicos que ficaram próximos da população em geral no século 21. O projeto de pesquisa que originou este trabalho buscou desenvolver, no Ensino Médio(EM), assuntos e conteúdos que geralmente não são trabalhados neste nível de ensino, de uma forma que aproximasse a Física de situações cotidianas e que motivasse os alunos.

Para esta inserção e aproximação, foi necessária a elaboração de um planejamento didático que contemplasse tais características. Para isto, foi escolhido o conteúdo Teoria da Relatividade Restrita, pois, a partir da exploração do funcionamento do GPS, poder-se-iam estudar conceitos e definições relacionados à Física Moderna, como a dilatação do tempo e a contração das distâncias.

Um dos objetivos deste trabalho e um dos aspectos considerados na elaboração do planejamento foi a análise de como são abordados e contemplados os artigos relacionados à Teoria da Relatividade nos periódicos da área de Educação em Ciências e Matemática no período de 2005 a 2009. Para tal análise, foram selecionados 10 (dez) periódicos nacionais e internacionais, os quais, juntos somaram, nesse período, 1581 artigos publicados. No entanto, somente 35 destes são relacionados à Teoria da Relatividade. E ainda, dos 35, apenas 17 artigos se relacionaram ao ensino da relatividade, sendo que, destes, 8 apresentaram resultados de pesquisas que foram, de fato, aplicadas em sala de aula. Como resultado desta análise serviu de base para a elaboração do planejamento didático, o número reduzido de referências e informações de projetos com aplicação em sala de aula foi uma grande dificuldade encontrada.

Após ter sido elaborado o planejamento didático, as aulas planejadas foram aplicadas no EM. Inicialmente, os alunos se mostraram resistentes com relação à participação nas atividades, o que é algo compreensível, devido à faixa etária em que estes se encontram. Com o passar das aulas, os mesmos se mostraram

curiosos e mais participativos, provavelmente pela natureza das atividades, que buscaram apresentar situações desafiadoras, uma vez que estimulavam a elaboração de hipóteses. A aplicação do planejamento contou com aulas que utilizaram recursos de tecnologia da informação e comunicação, como, apresentações na forma de slides e na sala digital da escola, o que, conforme relatado por, aproximadamente, 40% dos alunos, foi algo que lhes interessou por sair da rotina da sala de aula e proporcionar momentos de debate por meio de questionamentos problematizadores que lhes possibilitou conhecer as respostas dos colegas para, assim construir uma resposta coletiva que levasse em consideração a opinião de todos.

Esta constatação demonstra que aulas diferenciadas, que utilizam recursos de informática, chamam a atenção do aluno, por permitir a utilização de imagens que ilustram e facilitam o entendimento dos conteúdos, tendo em vista que muitos dos alunos provavelmente se encontram na fase concreta do desenvolvimento cognitivo e têm dificuldades com situações que necessitam de abstração para serem compreendidas, como é o caso da Teoria da Relatividade.

A Teoria da Relatividade Restrita trata de um modelo em que os efeitos relativísticos somente são observados, quando são considerados módulos de velocidades comparáveis ao módulo da velocidade da luz, em relação a determinado sistema de referência. Como não observamos nem experimentamos módulos de velocidades desta ordem de grandeza em nosso cotidiano, podem ser justificadas as dificuldades de alguns alunos em abstrair e imaginar as situações estudadas. Desta forma, ratifica-se a importância do uso de imagens e de discussões que se aproximam da realidade para um melhor entendimento por parte dos alunos.

No entanto, não se pode deixar de destacar que, aproximadamente, 66,7% dos grupos, ao serem questionados sobre a observação dos efeitos relativísticos no dia-a-dia, demonstraram compreender que os efeitos relativísticos somente são observados quando estamos considerando velocidades cujo módulo é comparável ao módulo da velocidade da luz, justificando, assim, a desconsideração da dilatação do tempo e a contração das distâncias no dia-a-dia. Estas justificativas ajudam a responder as questões iniciais deste trabalho, - **É possível fazer a transposição didática da Teoria da Relatividade Restrita para uma linguagem acessível ao**

Ensino Médio? e De que maneira o estudo da Teoria da Relatividade Restrita pode contribuir no desenvolvimento das competências de modelização e abstração? -, pois as respostas dos alunos parecem dar indícios de que, naquele momento, compreenderam as explicações referentes à Teoria da Relatividade, confirmando que a transposição didática dos conteúdos foi realizada de forma coerente com linguagem compreensível. No entanto, para afirmar se o conhecimento foi de fato assimilado, seriam necessárias outras avaliações, em momentos distintos do ano letivo, o que foge do objetivo deste trabalho.

Para a segunda pergunta, pode-se afirmar que as competências de modelização e abstração também apresentam indícios de terem sido incorporadas pelos alunos, pois as explicações de dilatação do tempo e contração das distâncias são válidas para o modelo explicativo, e os alunos utilizaram as limitações deste modelo para justificar a resolução de situações-problema propostas. Da mesma forma, a competência de abstração parece ter sido incorporada, tendo em vista que os alunos souberam explicar e justificar atividades sobre Teoria da Relatividade, como, a detecção de múons ao nível do mar que, até certo ponto, é abstrata aos nossos olhos e ainda considera módulos de velocidade que jamais serão experimentadas por humanos.

As atividades desenvolvidas durante a aplicação do planejamento didático proporcionaram aos alunos momentos de reflexão sobre determinadas situações, conforme o explicitado por um aluno: as atividades exigiram o “pensar”. De fato, estas atividades buscaram fazer com que os alunos pensassem e, assim, assumissem o papel principal na sua construção do conhecimento, sendo o professor o mediador desta construção, cujo papel se relaciona ao de um orientador do processo de aprendizagem do aluno.

Na avaliação sobre a implementação das aulas, os alunos demonstram que utilizar a tecnologia como recurso para estudar conteúdos que não estão diretamente ligados ao seu cotidiano é viável, pois alguns consideraram relevante o estudo do GPS e da dilatação do tempo, e, além disso, aproximadamente 44%, consideraram produtiva a aproximação entre o GPS e a Teoria da Relatividade Restrita. Esta aproximação pode fazer com que os alunos deixem de lado a sensação de estarem estudando algo que não tem nenhuma aplicabilidade e que

não poderão utilizar para explicar situações, fenômenos ou utensílios de seu cotidiano.

Das respostas dos alunos, pode-se destacar que estes apresentaram um número considerável de erros de português, além de utilizarem uma linguagem parecida com o “internetês”, com simplificações de palavras próprias da comunicação na internet. Outro ponto a ser destacado foram as dificuldades demonstradas pelos alunos com a matemática que, a meu ver, é uma ferramenta básica da Física que deve ser dominada em todos os níveis de ensino. No entanto, conforme demonstrado por algumas das respostas, os alunos consideraram as deduções realizadas complicadas e exaustivas, o que para um aluno do EM pode ser aceitável, pois os mesmos não estão acostumados com deduções longas e que exijam atenção. Esta crítica pode ser considerada para uma possível reestruturação do planejamento, para o qual poderão ser apresentadas somente as equações, sem a dedução, e a partir destas realizar uma discussão que contemple aspectos fenomenológicos com situações reais, como, a detecção de Múons ao nível do mar.

Outro ponto a ser destacado diz respeito à dificuldade em elaborar o planejamento didático, pois, conforme comentado anteriormente, apenas 2,21% dos artigos publicados nas principais revistas de educação em ciências e ensino de Física no período de 2005 a 2009, se relacionaram à Teoria da Relatividade. Esta constatação permite inferir que esta dificuldade também deve ser encontrada pelos professores do EM que desejam inserir conteúdos de Física Moderna em suas aulas. Sendo assim, não basta buscarmos uma renovação nos currículos de Física, se não forem disponibilizados materiais confiáveis e de fácil compreensão aos professores.

Infelizmente, a falta de referência para a elaboração de aulas que contemplem assuntos de Física Moderna no EM não é a única dificuldade encontrada pelos professores, pois estes se encontram com exageradas cargas horárias em sala de aula e, assim, não têm disponibilidade de tempo para a estruturação de aulas diferenciadas e que necessitem de tempo de estudo, como o caso da Física Moderna. Sem dúvida, para solução desta problemática, são necessárias políticas públicas que estabeleçam uma reestruturação e uma valorização da carreira docente, na qual o professor tenha tempo para se

aperfeiçoar e poder estabelecer momentos de debate e reflexão com demais colegas.

Os assuntos relacionados à Física Moderna não podem ser diretamente abordados em sala de aula, pois, como se viu, a linguagem com que o conhecimento científico é divulgado é densa, quando comparada aos conteúdos trabalhados no EM. Por este motivo, faz-se necessária a transposição didática destes assuntos. Sendo assim, momentos de discussão e estudos sobre conteúdos de Física Moderna podem e, inclusive devem, ser contemplados na formação inicial, pois desta forma estará sendo proporcionado aos futuros professores possibilidades de obterem ferramentas para trabalhar conteúdos da atualidade no EM.

Além disso, aos professores em exercício, caberia o estabelecimento de grupos de formação continuada por parte das instituições de ensino, afim de que fosse permitida a atualização destes. Pode-se destacar como um dos caminhos possíveis estabelecido por este trabalho a estruturação de um curso de formação continuada, no qual, após reformulações necessárias, o planejamento poderia ser trabalhado com professores que desejam estudar e ensinar a Teoria da Relatividade Restrita.

Além disso, pode-se estabelecer como perspectiva futura deste trabalho uma linha que estruture avaliações dos conteúdos trabalhados com os alunos participantes da pesquisa em diferentes fases, pois, assim, poder-se-iam ter resultados mais sólidos sobre a aprendizagem e as mudanças conceituais ocasionadas com a aplicação do planejamento didático.

Desta forma, pode-se concluir que o projeto de pesquisa que buscou promover a inserção da Física Moderna no EM gerou bons resultados, pois mostrou aos alunos que a Física não está apenas nas páginas do livro didático ou do caderno, mas também em utensílios tecnológicos mostrados na mídia e nas residências. Além disso, o trabalho abriu um leque de possibilidades futuras, que dizem respeito à continuidade da ideia de inserção da Física Moderna no EM, levando em consideração as peças principais para a efetiva implementação destes conteúdos no nível médio: os professores.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, E. Teoria quântica da gravitação: Cordas e teoria M. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 14-155, 2005.

ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física**. São Paulo: Addison-Wesley, 1992.

ARRIASSECQ, I.; GRECA I. M. Introducción de la Teoría de la Relatividad Especial en el Nivel Medio /Polimodal de enseñanza: identificación de teoremas - en - acto y determinación de objetivos – obstáculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n.2, p. 189-218, 2006.

ANDRADE, R. R. D.; NASCIMENTO, R. S.; GERMANO, M. G. Influências da Física Moderna na obra de Salvador Dalí. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 3, p. 400 – 423, 2007.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. [S. l.]: Persona, 1988.

BARROS, A., et al. A contração de Lorentz-Fitzgerald. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n.4, p. 621–623, 2005.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica (2002) Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do Ensino Médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010. Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em 10 de dezembro de 2010.

CARUSO, F. FREITAS, N. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço- tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.

CAVALCANTE, M. A. O Ensino de uma NOVA FÍSICA e o exercício da Cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 550-551, 1999.

CUNHA, L. A.. Ensino Médio e ensino técnico na América Latina: Brasil, Argentina e Chile. **Cadernos de Pesquisa**. n. 111, pp. 47-70, 2000.

DAHMEN, S. R. (2006) Gödel e Einstein: E quando o tempo não resiste à amizade? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.28, n. 4, p. 531-539, 2006.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2007.

DÍAZ, M. J. M. Enseñanza de las Ciencias ¿Para qué? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. V.1, n.2, p. 57-63, 2002. Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em 10 de dezembro de 2010.

EINSTEIN, A. Sobre o Princípio da Relatividade e suas implicações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n.1, p. 37 – 61, 2005.

FALCIANO, F.T. Cinemática relativística: paradoxo dos gêmeos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n.1, p. 19-24, 2007.

_____. Geometria, espaço-tempo e gravitação: conexão entre conceitos da Relatividade Geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n.4, 2009.

FAUTH, A. C. et al. Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n.4, p. 585-591, 2007.

FILHO, J. P. A. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

FIOLHAIS, C. Einstein e o Prazer da Física. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, 2005.

FOUREZ, G. Crise no ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

GÖDEL, K. Uma nota acerca das relações entre a Teoria da Relatividade e a filosofia idealista. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 521-524, 2006.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. Teoria da Relatividade Restrita e Geral no Programa de Mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29 n.4, p. 575-583, 2007.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Disponível em <http://www.inep.gov.br>. Acesso em: 18 de outubro de 2010.

Qualis Periódicos. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/avaliacao/qualis>. Acesso em 18 jun 2010.

KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M.; COIMBRA, D. Tempo relativístico no início do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 373-386, 2006.

_____. Relatividades no Ensino Médio: o debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29 , n. 1, p. 105-114, 2007.

KIOURANIS, N. M. M.; SOUSA, A. R.; FILHO, O. S. Alguns aspectos da transposição de uma sequência didática sobre o comportamento de partículas e ondas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 9, n. 1, p. 199-224, 2010. Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em 10 de dezembro de 2010.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da Ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n.1, p.36-70, 2005.

LETELIER, P. S. Soluções exatas das equações de Einstein com simetria axial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n.1, p. 121-136, 2005.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da Ciência com o suporte da hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n.4, p. 473-485, 2006.

_____. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, v. 6, n. 1, p. 90-116, 2007. Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em 10 de dezembro de 2010.

MARTINS, R. A. A dinâmica relativística antes de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n.1, p. 11–26, 2005.

MARTINS, I. P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, v. 1, n. 1, p. 28-39, 2002. Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec>. Acesso em 10 de dezembro de 2010.

MARTINS, A. F. P.(Org.) **Física ainda é cultura?** São Paulo: Livraria da Física, 2009.

MATSAS, G. E. A. Gravitação semiclássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n.1, p. 137-145, 2005.

MEDEIROS A.; MEDEIROS C. F. A Física dos brinquedos e o princípio da equivalência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n.3, p. 299-315, 2005.

MEDEIROS, A. Entrevista com Einstein. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n.1, 2005.

_____. Eric Rogers e o ensino de Física Moderna. **Física na Escola**, São Paulo, v.8, n. 1, 2007.

MOREIRA, I. C. 1905: Um Ano. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, 2005.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M. Física Moderna no Ensino Médio: uma proposta usando Raios-X. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2004, Jaboticatubas/MG. **Anais...** Jaboticatubas/MG: Sociedade Brasileira de Física, 2004. P. 1 - 10.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.5, p. 23-48, 2000.

_____. Atualização do Currículo de Física na Escola de Nível Médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 135-15, 2001.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Relatividade Restrita no Ensino Médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em Livros Didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 176-190, 2002.

PÉREZ, H.; SOLBES, J. Una propuesta sobre enseñanza de la Relatividad en el bachillerato como motivación para el aprendizaje de la Física. **Enseñanza de las ciencias**. v. 24, n. 2, p 269–284, 2006.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na Teoria da Relatividade de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo,, v. 30, n.1, 2008.

RENN, J. A Física Clássica de cabeça para baixo: Como Einstein descobriu a Teoria da Relatividade Especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n.1, p. 27- 36, 2004.

RIO GRANDE DO SUL (2009) Secretaria do Estado de Educação. Departamento Pedagógico. Referenciais Curriculares do Estado do Rio Grande do Sul: Ciências da Natureza e suas Tecnologias/ Secretaria do Estado da Educação - Porto Alegre: SE/SP.

SÁNCHEZ, M. A.; SELVA, V. S. La Relatividad en el bachillerato. Una propuesta de unidad didáctica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 3, p. 439–454, 2006.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, v. 12, n. 36, p. 474 - 550, 2007.

_____. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, 2007.

SANTOS, R. P. B. Relatividade restrita com o auxílio de diagramas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 400-423.

SANTOS, C. A. Cânone da literatura einsteniana no Brasil. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n.1, 2005.

STACHEL, J. 1905 e tudo o mais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 5–9, 2004.

STUDART, N. Einstein: uma breve cronologia. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n.1, 2005.

_____. Citações de Einstein. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n.1, 2005.

TAYLOR, S. J.; BOGDAN, R. **Introducción a los métodos cualitativos de investigación**. Barcelona: Paidós, 1998.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TIPLER, P. A.; Mosca, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VIDEIRA, A. A. P. Einstein e o Eclipse de 1919. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n.1, 2005.

VILLANI, A. Planejamento escolar: um instrumento de atualização dos professores de Ciências. **Revista Ensino de Física**, São Paulo, v. 13, p. 162-177, 1991.

APÊNDICES

Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO ALIADA À TECNOLOGIA DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS).

Pesquisadora: Carla Moraes

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Inés Prieto Schmidt Sauerwein

Contato: (51) 9125 – 7422

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa sobre a inserção da Física Moderna no Ensino Médio.

Esta pesquisa está sendo realizada para avaliar as possibilidades de atualização curricular de Física nas escolas de Ensino Médio e a aproximação entre ensino de Física, pesquisa em ensino de Física e formação de professores, tanto inicial como continuada.

Os objetivos desta pesquisa consistem na elaboração e estruturação de planejamentos didáticos que contemplem o assunto Teoria da Relatividade, bem como a implementação destes planejamentos em aulas de Física do Ensino Médio e posterior avaliação destes planejamentos para futuras reformulações que se fizerem necessárias.

Nos planejamentos utilizar-se-ão exemplares tecnológicos, como por exemplo, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), contemplando conceitos referentes à Teoria da Relatividade. Será solicitado aos alunos que registrem os resultados das discussões. A análise deste material escrito, por parte da mestranda e da orientadora, servirá de guia para estruturar a seqüência conceitual da Teoria da Relatividade. Ao término desta etapa serão realizadas outras atividades com os

alunos do Ensino Médio de modo que possam subsidiar as reformulações do planejamento didático.

Esta pesquisa, a princípio, não implica em riscos aos alunos que participarem. Os benefícios consistem em desenvolver no Ensino Médio conteúdos de Física que normalmente não são estudados nesse nível de ensino, procurando relacionar a Física com a vivência do cotidiano e, do ponto de vista de competências e habilidades, desenvolver capacidades de trabalho em grupo, elaboração de hipóteses e de explicações para as situações apresentadas, colocando o centro da aprendizagem no aluno, ou seja, que ele seja participante ativo no processo de ensino-aprendizagem.

Os alunos participantes da pesquisa terão suas dúvidas referentes à Física, em geral, e ao assunto em estudo, em particular, esclarecidas durante as aulas ministradas pela pesquisadora ou quando solicitados que sejam disponibilizados horários extra para esclarecimento das mesmas . A responsável pela pesquisa é a Prof^a. Dra. Inés Prieto Schmidt Sauerwein.

O aluno tem assegurado o sigilo que assegura a privacidade das informações, bem como retirar o consentimento em qualquer tempo, sem qualquer prejuízo.

As pesquisadoras do presente projeto se comprometem a preservar a privacidade dos alunos cujas informações serão coletadas. Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para a execução do presente projeto. As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima e serão mantidas no Departamento de Física em um armário chaveado por um período de dois anos, sob a responsabilidade da orientadora do projeto Prof^a. Dr^a. Inés Prieto Schmidt Sauerwein. Após este período, os dados serão destruídos.

Eu _____ R.G.
n. _____, CPF n. _____ concordo
em participar do estudo. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador.

Local e data _____

Nome e Assinatura _____

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato:
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP- UFSM.

Av. Roraima, 1000 – Prédio da Reitoria – 7º andar – Campus Universitário – 97105-900 –
Santa Maria – RS – Tel.:(55) 3220-9362 – e-mail: comiteeticapesquisa@mail.ufsm.br

Eu _____ R.G.
n. _____, CPF n. _____ concordo
que o aluno(a) o(a) qual sou responsável participe do estudo. Fui devidamente informado e
esclarecido pelo pesquisador.

Local e data _____

Nome e Assinatura _____

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato:
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP- UFSM.

Av. Roraima, 1000 – Prédio da Reitoria – 7º andar – Campus Universitário – 97105-900 –
Santa Maria – RS – Tel.:(55) 3220-9362 – e-mail: comiteeticapesquisa@mail.ufsm.br

Apêndice B - Questionário de avaliação da implementação

Questão 1 - Em uma escala de zero a cinco, como as aulas contribuíram para melhor compreender a Teoria da Relatividade?

0 1 2 3 4 5

Questão 2 - Quais aspectos das aulas você considerou mais relevantes? Por quê?

Questão 3 - O fato das aulas aproximarem a Teoria da Relatividade Restrita (TRR) do funcionamento do Sistema de Posicionamento Global (GPS) é algo que:

- a) Confunde
- b) É equivalente a aulas tradicionais
- c) Enriquece o aprendizado

Justifique a opção assinalada.

Questão 4 - Por favor, comente quaisquer outros aspectos que achar relevante.