

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E
EDUCAÇÃO

Carla Fernanda Batista

**Uma proposta de sequência didática sobre a Teoria
da Relatividade Restrita: perspectivas e avaliações
dos professores de Física do Ensino Médio**

Araras

2016

Carla Fernanda Batista

**Uma proposta de sequência didática sobre a Teoria
da Relatividade Restrita: perspectivas e avaliações
dos professores de Física do Ensino Médio**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura
em Física da Universidade Federal de São Carlos
para a obtenção do título de Licenciado em Física.
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Colato
Coorientadora: Profa. Dra. Nataly Carvalho Lopes

Araras

2016

Carla Fernanda Batista

Uma proposta de sequência didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita: perspectivas e avaliações dos professores de Física do Ensino Médio

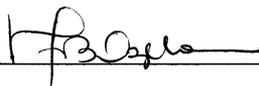
Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Data de defesa: 22/06/2016

Resultado: APROVADA

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Helka Fabbri Broggian Ozelo



Universidade Federal de São Carlos

Profª. Dra. Tathiane Milaré



Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Alexandre Colato



Universidade Federal de São Carlos

AGRADECIMENTOS

À minha família, especialmente à minha mãe Denise Batista, ao meu pai Carlos Batista, à minha irmã Grazielle Batista, à minha sobrinha Laura Batista e ao meu namorado Jack Assis pela constante torcida, incentivo e apoio no decorrer do curso.

Aos meus orientadores, Alexandre Colato e Nataly Carvalho Lopes por terem acreditado em minha capacidade, pela dedicação e interesse na orientação dessa monografia.

A todos os professores do curso de Licenciatura em Física da UFSCar-Araras, pelos ensinamentos, questionamentos propostos e amizade.

As minhas amigas da Moradia UFSCar, pela amizade.

Ao meu amigo Marcelo Calandrim, pelas correções gramaticais, apoio e amizade.

Aos professores do Ensino Médio que participaram desta pesquisa, pelas importantes colaborações para o aperfeiçoamento da sequência didática.

E a todos aqueles que contribuiriam, diretamente ou indiretamente, para a realização desse trabalho.

Ninguém possui idoneidade para fazer afirmações a respeito do espaço absoluto ou do movimento absoluto. São meras formas do espírito, construções mentais que não podem ser embasadas na experiência. Todos os princípios da Mecânica resultam dos nossos conhecimentos empíricos a respeito das posições e dos movimentos relativos dos corpos.

Albert Einstein

A maneira de configurar as sequências de atividades é um dos traços mais claros que determinam as características diferenciais da prática educativa.

Antoni Zabala

RESUMO

Atualmente, vivemos cercados de tecnologia por toda parte, o que torna indispensável os conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea. Pesquisadores justificam a importância da inserção desses conteúdos no Ensino Médio, mas há uma escassez de trabalhos que abordem quais os métodos que devem ser aplicados em sala de aula. Por conta disso, neste trabalho é desenvolvida uma pesquisa sobre a elaboração de uma sequência didática da Teoria da Relatividade Restrita na concepção de Zabala, a qual professores de Física do Ensino Médio analisaram essa sequência para a sua adequação, além de apontarem possíveis contribuições e limitações. A pesquisa também analisa se os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea são abordados em sala de aula, se os professores estão preparados para ministrar esses conteúdos, quais são as suas metodologias e se eles têm algumas limitações na sua abordagem. A metodologia da pesquisa é qualitativa. Para chegar aos objetivos previstos, foram realizadas três etapas: a primeira etapa foi uma entrevista, o objetivo desta entrevista foi um primeiro contato com os professores, além de adquirir informações a respeito deles; a segunda etapa foi a entrega da sequência junto com um quadro que contém questões norteadoras para orientar os professores na análise da mesma; e a terceira foi o recolhimento da sequência analisada e a gravação das respostas das questões norteadoras. Esta etapa teve como objetivo coletar de mais informações a respeito da análise. Todas as entrevistas foram gravadas para posteriormente serem transcritas e analisadas. A análise das transcrições das entrevistas foram feitas através dos pressupostos da Análise de Conteúdo. Através desta análise, percebeu que os professores são favoráveis a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mas quando especifica-se o tópico da Teoria da Relatividade Restrita, alguns afirmam que não seria viável. Alguns desses professores não abordam a Física Moderna e Contemporânea, conseqüentemente não abordam a Teoria da Relatividade Restrita em sala de aula, o que pode ter relação com o fato desses tópicos não estarem inseridos no currículo do Estado de São Paulo. Alguns deles também afirmaram que não estão aptos a ministrarem esses conteúdos. Com isso, conclui-se que a inserção da Física Moderna e Contemporânea é um assunto ainda controverso, pois alguns professores acham viável inserí-la e outros não, assim esses assuntos ainda precisam ser pesquisados e analisados num âmbito maior, pois inseri-los subsidiaria a própria formação inicial e continuada dos professores, além da organização do próprio currículo.

Palavras-chaves: Ensino de Física Moderna, Relatividade Restrita e Sequência Didática.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SOCIEDADE	11
1.1 História e Conceitos	11
1.2 A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.....	22
1.2.1 Por que inserir a Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio?	28
2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	30
2.1 Perspectivas de Zabala sobre a análise da prática educativa	30
2.2 Sequência Didática	37
2.3 Sequência Didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita	42
3 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DOS DADOS	49
4 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DA ANÁLISE DOS DADOS.....	52
4.1 Análise de Conteúdo.....	52
4.2 Análise dos Dados	56
4.2.1 Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.....	57
4.2.2 Currículo do Estado de São Paulo.....	63
4.2.3 Potencialidades e limitações da sequência didática proposto para a TRR.....	67
5 CONCLUSÃO	72
6 REFERÊNCIAS.....	75
7 APÊNDICES.....	79
Apêndice A – Sequência didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita	79
Apêndice A1: Lista de Exercícios de Simultaneidade e Dilatação do Tempo	93
Apêndice A2: Lista de Exercícios sobre contração do espaço	94
Apêndice A3: Prova de Física – Teoria da Relatividade Restrita	95
Anexo A1: Artigo de Wladimir Seixas: O princípio da relatividade – de Galileu a Einstein ..	96
Apêndice B: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	97
Apêndice C: entrevistas dos professores.....	99
Etapa 1	99
Etapa 3	105

INTRODUÇÃO

Através dos estágios obrigatórios do curso de Licenciatura em Física foi percebido como a Física é ensinada em algumas salas de aula e como alguns professores abordam seus conceitos. Nessas observações notou-se que a maioria dos métodos de abordagem era baseada na exposição de fórmulas, resolução de alguns exemplos, oferecimento de listas de exercícios e, posteriormente, aplicação de uma prova, sendo essa prova geralmente o único método de avaliação. Ao longo dos períodos de estágio, alguns questionamentos surgiram: Como os professores poderiam abordar dessa maneira os conceitos de Física? De que forma ensinar uma única fórmula poderia ser relevante para a aprendizagem dos alunos? Por que os professores de Física não contextualizam e nem estabelecem relações entre a Física, a Sociologia, a Cultura, a História e a Tecnologia? Essas questões levaram a outras questões tão importantes quanto essas últimas: Como será meu trabalho como docente? Quais mudanças eu poderia fazer quando for professora?

Nos estágios também foi observado que os professores, além de não abordarem de forma eficiente os conceitos da Física Clássica (FC), tampouco abordam tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), que são tópicos fundamentais para qualquer cidadão do século XXI, devido ao fato de estarem inseridos numa sociedade com tecnologia a sua volta, como supercondutores, lasers, aparelhos hospitalares, usinas nucleares, etc. A própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira – LDB 9394-96 – no art. 36, § 1º, inciso I afirma que, o educando quando finalizado o EM, deve demonstrar “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (BRASIL, 1996, p. 12). No PCN+ Ensino Médio (BRASIL, 2002b) temos que a compreensão do conhecimento científico e tecnológico é uma construção humana inserida no período histórico. Com isso, os alunos do EM devem:

Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas conseqüências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades. Esses conhecimentos são essenciais para dimensionar corretamente o desenvolvimento tecnológico atual, através tanto de suas vantagens como de seus condicionantes (BRASIL, 2002b, p. 67).

Através destes dois apontamentos, um da LDB e outra do PCN+ EM, pode ser observado que alunos do EM deveriam ter uma compreensão do mundo a sua volta, deveriam

conhecer quais são os avanços científicos e tecnológicos que estão ao seu redor. Assim, é fundamental que esses alunos compreendam que para estarem inseridos em uma sociedade moderna, os conceitos de FMC deveriam ser abordados, e, somente desta forma haverá uma participação ativa e plena na sociedade atual (PIETROCOLA, 2010).

Para Oliveira (2013) os alunos do EM devem conhecer a Física desenvolvida no final do século XIX e começo do XX, para terem uma base sobre as novas tecnologias que estão cada vez mais presentes no cotidiano, contribuindo de modo autônomo e com pensamentos críticos. Além disso, o autor diz que

A educação em Ciências deve ser capaz de possibilitar a compreensão da atividade científico-tecnológica, de forma a potencializar a participação dos indivíduos em diversos segmentos da sociedade civil; pois a sociedade, em geral, possui o direito de participar em definições que envolvem seu destino. A física, em particular, é responsável por alguns dos grandes feitos da humanidade nesses últimos tempos [...] (OLIVEIRA, 2013, p. 21-2).

Terrazzan (1992) afirma que os conteúdos de FMC influenciam o entendimento do mundo criado pelo próprio homem, permitindo assim que os alunos do EM desenvolvam a sua consciência e a sua forma de interpretar o mundo que os cerca. As aulas de Física desempenham um papel privilegiado para essa compreensão do mundo moderno. O autor comenta sobre a inserção da FMC no EM, destacando a influência que esses assuntos têm no cotidiano dos alunos:

O cotidiano a que nos referimos inclui não só aspectos 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, 1994, p. 213).

Ostermann e Moreira (2001) também dizem que é fundamental para os alunos do EM compreenderem os conhecimentos científicos e as suas aplicações, sendo esses necessários para o exercício da cidadania. Os mesmos autores, em outro trabalho (2000), ao realizarem um levantamento bibliográfico sobre a área de FMC no EM discutiram sobre os trabalhos de vários autores, nacionais e internacionais, sobre a mudança do currículo de Física, no qual deve-se inserir tópicos de FMC; sobre algumas metodologias para a abordagem desses temas e apresentaram algumas propostas realizadas em sala de aula.

Guerra, Braga e Reis (2007) afirmam que para o ensino de Física no EM, é necessário construir caminhos que facilitem uma formação da cidadania por parte dos alunos. Sendo assim, ao longo desta formação os alunos precisam refletir sobre a Ciência e a Tecnologia. Os autores afirmam também que os conteúdos de FMC são excluídos das salas de aula, devido ao fato da maioria dos vestibulares nacionais não abordarem esses conceitos, assim professores preferem não ensinar esses conceitos.

Ostermann e Ricci (2002) comentam que vários países desenvolvidos já possuem em seus currículos tópicos de FMC, logo vários materiais didático-pedagógicos vêm sendo desenvolvidos. No Brasil, tivemos uma expansão nos últimos anos, principalmente por conta da nova legislação, na qual se recomenda que conteúdos de FMC sejam contemplados nos currículos educacionais.

No trabalho de Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998) há algumas razões de se inserir tópicos de FMC no EM: um dos tópicos é referente aos alunos terem contato com FMC, pois seus currículos não abrangem a Física a partir de 1900; a FMC desperta a curiosidade dos alunos, ajuda a conhecer a Física como uma construção humana que está, sem dúvida, próxima deles; também tem-se que com o conhecimento de FMC alguns alunos começam a se interessar pelas carreiras científicas, e assim podem ser os futuros pesquisadores e professores de Física.

Através das observações feitas nas escolas e das leituras dos referenciais teóricos apresentados, percebeu-se então que os conceitos de FMC também devem ser abordados no EM, pois são esses conceitos que vão aproximar os alunos do cotidiano, vão explicar a tecnologia existente na sociedade, além deles adquirirem o conhecimento científico. Desta forma, considerando que é importante a abordagem dos conceitos de FMC no EM, é essencial pesquisar sobre a elaboração de sequências didáticas para a abordagem em sala de aula.

Assim, essa pesquisa tem por intuito elaborar uma sequência didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita (TRR), esse tema foi escolhido por conta de ser um dos temas propostos na tese de doutorado de Ostermann (1999) que devem ser inseridos no EM e um maior interesse pela autora. Além da elaboração da sequência, se busca a interpretação e compreensão dos professores de Física do EM sobre esta proposta, de modo a considerarem suas avaliações e contribuições para a adequação da sequência.

Com isso, se propõem investigar a seguinte questão de pesquisa: Por meio das avaliações dos professores de Física do Ensino Médio, quais são as possíveis contribuições e limitações da sequência didática proposta para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita?

Os objetivos gerais desta pesquisa são: a elaboração de uma sequência didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita e averiguar quais são as avaliações e contribuições dos professores do Ensino Médio sobre a sequência para a sua adequação; os objetivos específicos são: analisar se os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea são abordados em sala de aula; quais os métodos que os professores utilizam na suas abordagens; verificar se existem limitações enfrentadas pelos professores relacionadas a essas abordagem e analisar se os professores sentem preparados para ministrarem conteúdos de Física Moderna e Contemporânea.

No capítulo 1 será discutido quais as contribuições que a FMC fez e ainda faz para a sociedade moderna do século XXI, apresentando também como são inseridos e abordados esses temas no EM. Além de disso, o capítulo será destinado à abordagem teórica da Teoria da Relatividade Restrita, abrangendo desde Galileu até Einstein.

As discussões no capítulo 2 serão em torno dos elemento essenciais para se fazer uma sequência didática na perspectiva de Zabala (1998) e, também, será descrita a proposta da sequência didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita.

O capítulo 3 será destinado à discussão da metodologia de constituição dos dados desenvolvidos nesta pesquisa. O capítulo 4 à metodologia de análise, na qual os dados serão analisados na concepção de Bardin (1977), que propõe a constituição de categorias de análise, a partir das quais será possível discutir os problemas apresentados.

1 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SOCIEDADE

Neste capítulo, serão primeiramente, apresentados os fatos históricos e conceituais da Teoria da Relatividade Restrita (TRR). Posteriormente, será discutido sobre a importância de inserir a Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM), abordando os fatos históricos, tanto nacionais quanto internacionais, sobre os projetos e programas, além de apresentar alguns autores que pesquisaram sobre qual a relevância de se inserir a FMC no EM. Também será discutido o que os currículos educacionais brasileiros afirmam sobre a inserção de tópicos modernos no EM.

1.1 HISTÓRIA E CONCEITOS

Em 1905, Albert Einstein (1879-1955) formulou a Teoria da Relatividade Restrita (TRR), na qual descreve a solução da não-invariância das equações do eletromagnetismo sobre referenciais inerciais, assim reconciliando as teorias de Isaac Newton (1642-1727) da Mecânica e de James Clerk Maxwell (1831-1879) do Eletromagnetismo. Seixas (2005, p. 43) afirma que “Einstein organizou um conjunto de ideias, observações e teorias que já haviam sido desenvolvidas ao longo da história”, mas chegou a um ponto que não conseguiam se entender, ou seja, houve uma discrepância entre a Mecânica e o Eletromagnetismo.

O princípio da relatividade começou a ser utilizado primeiramente por Galileu (1564-1642) e posteriormente por Descartes (1596-1650). Galileu propôs muitas explicações longo de sua existência, como a compreensão do movimento circular, a queda livre, o teorema da composição de velocidades, além de enunciar o princípio da relatividade (SEIXAS, 2005). Segundo Seixas (2005, p. 45), Galileu postulou que “se as leis da mecânica são válidas num dado referencial, então são também válidas em qualquer referencial que se mova com velocidade retilínea e uniforme em relação ao primeiro”. Além do princípio da relatividade, Galileu postulou o princípio da inércia no qual um corpo permanece em repouso ou em

movimento retilíneo uniforme a menos que uma força aja sobre esse corpo, assim alterando seu movimento. A Mecânica de Galileu não contava com as definições de força e energia.

O conceito de quantidade de movimento surgiu graças a Descartes, ele deduziu três leis do movimento. Descartes concebeu também o princípio dos vórtices, no qual ele não acreditava na existência do vácuo no espaço, mais sim na existência de uma matéria em movimento. As três leis do movimento de Descartes:

Lei I: corpos em repouso permanecem em repouso, e corpos em movimento permanecem em movimento, a não ser que algum outro corpo aja sobre eles.

Lei II: o movimento inercial dá-se em linha reta.

Lei III (A): se um corpo em movimento colide em um segundo corpo que apresente uma resistência ao movimento maior que a força do primeiro corpo para continuar o movimento, então este primeiro corpo muda de direção, sem perder nada do seu movimento.

Lei III (B): se o primeiro corpo possuir uma força maior do que a resistência do segundo corpo, ele carrega consigo este segundo corpo, perdendo tanto o seu movimento quanto ele entrega ao outro (SEIXAS, 2005, p.46).

Outro físico que contribuiu contundentemente para a Mecânica foi Isaac Newton. Por meio de sua teoria foi possível explicar desde os movimentos de um bloquinho descendo uma rampa, o movimento de um projétil até os movimentos planetários. Newton foi muito influenciado pelo trabalho de Euclides. Em 1686, ele publicou seu famoso livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, no qual formulou sua teoria, constituída por três leis de movimento:

Lei I: Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.

Lei II: A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.

Lei III: A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas (NEWTON, 2012, p. 53-4).

Newton também apresentou a definição de força, aceleração e a ação à distância. Além disso, ele formulou a Lei da Gravidade Universal. Halliday, Resnick e Walker (2009, p. 28) diz que “toda partícula do universo atrai todas as outras partículas com uma **força gravitacional**”, na qual a força é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entres elas.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

A Mecânica newtoniana como Seixas (2005, p. 47) diz “irá fornecer uma descrição matemática do movimentos dos corpos sob a ação da gravidade”. Newton também sugeriu um ambiente absoluto com o tempo absoluto que é algo que flui decorrente e sempre do mesmo modo, ou seja, um tempo quantificado, e o espaço absoluto, onde as coisas se movem no espaço mas o espaço é sempre igual, não sofrendo alteração.

A unificação da eletricidade com o magnetismo ocorreu por meio das equações desenvolvidas pelo físico James Clerk Maxwell.

$$\begin{aligned}\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} &= \frac{q_{env}}{\epsilon_0} \\ \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} &= 0 \\ \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} &= -\frac{d\Phi_B}{dt} \\ \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} &= \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i_{env}\end{aligned}\tag{2}$$

Essa teoria se baseia nos conceitos de campo eletromagnético. O campo elétrico é resultado da existência de cargas (em movimento ou não) e das variações de campo magnético, e, o campo magnético é resultado de corrente elétrica e variações de campo elétrico.

Além da unificação da Eletricidade e do Magnetismo, Maxwell, através das suas equações, unificou também o Eletromagnetismo e a Óptica. Com isso, Maxwell indicou que a luz seria um fenômeno eletromagnético, ou seja, que a luz fosse uma onda eletromagnética constituída de campo elétrico e campo magnético, um perpendicular ao outro, Figura 1. Também definiu que as ondas eletromagnéticas se propagavam na velocidade da luz ($2,99 \times 10^8$ m/s).

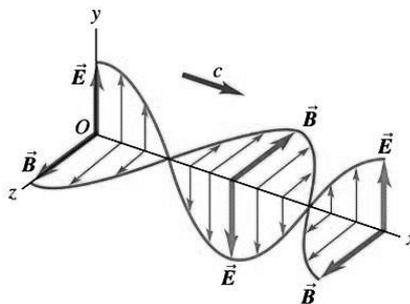


Figura 1. Onda eletromagnética (<http://www.fisica-interessante.com/aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-11-crise-da-fisica-2.html>).

Sendo a luz uma onda eletromagnética, supôs-se que era necessário um meio para se propagar, assim esse meio foi denominado éter. O éter foi uma proposta que precedeu Maxwell, surgindo com Descartes. Ele dizia que existia uma matéria no espaço em movimento, no qual a luz e até o calor eram transmitidos e se propagavam pela pressão do éter (SEIXAS, 2005). Esse éter, segundo Seixas (2005, p. 52), “deveria ser extremamente rígido para que a luz se propagasse e ténue o suficiente para que os corpos sólidos pudessem ser mover”. Assim, o éter seria o referencial inercial absoluto do Eletromagnetismo.

Movendo-se numa velocidade próxima à da luz e observando o feixe de luz, o caráter oscilatório da luz deixa de existir (SEIXAS, 2005). Esse fato nega o princípio da relatividade da Mecânica – no qual o princípio da relatividade de Galileu diz que as leis da Mecânica serão válidas para todos os referenciais que estejam em movimento retilíneo uniforme um em relação ao outro – quando aplica-se as leis do Eletromagnetismo. Assim, as equações de Maxwell não eram compatíveis com os referenciais inerciais da Mecânica newtoniana.

Enquanto todos estavam convencidos que os fenômenos da natureza podiam ser representados com auxílio da mecânica clássica, a validade deste princípio da relatividade nunca foi posta em dúvida. Mas, os novos desenvolvimentos da eletrodinâmica e da óptica foram tornando cada vez mais claro que a mecânica clássica era uma base insuficiente para a descrição de todos os fenômenos físicos (EINSTEIN, 1999, p. 19).

Esse fato, o problema da invariância das equações de Maxwell, constituiu um dos grandes problemas da Física no século passado. Hewitt (2002, p. 596) afirma que “as leis de Newton sugerem que não existem coisas tais como movimento absoluto, apenas importando o movimento relativo. Mas as equações de Maxwell pareciam sugerir que o movimento é absoluto”.

Em 1905, Albert Einstein publicou seu famoso artigo *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento*, no qual, como afirma Hewitt (2002):

Ele mostrou que as leis de Maxwell podem ser, da mesma forma que as leis de Newton, interpretadas como independentes do estado de movimento de um observador – mas há um custo. O custo para obter esta visão unificada das leis da natureza é um revolução total na maneira como entendemos o espaço e o tempo (HEWITT, 2002, p. 596).

Nesse artigo, Einstein propõe sua Teoria da Relatividade Restrita (TRR) em dois postulados: primeiro, que as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais, não existindo um referencial absoluto, segundo, que a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo

valor c em todas as direções e em todos os referenciais inerciais (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011, p. 147-8). Essa teoria é válida apenas para referenciais inerciais, que são exatamente os mesmos referenciais das leis de Newton, por isso tem-se o adjetivo “restrita”.

Estes postulados exigiram que Einstein modificasse ou as equações de Maxwell ou as transformações de Galileu, já que as duas juntas diziam o contrário do postulado (EISBERG; RESNICK, 1979). Assim, ele modificou as transformações de Galileu, que na época foi um gesto muito audacioso, pois essas transformações eram muito conhecidas e nunca haviam sido questionadas.

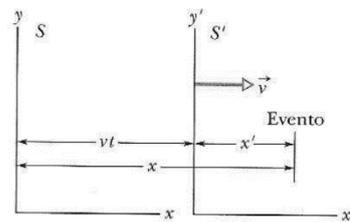


Figura 2. Dois referenciais inerciais (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011).

A figura 2 mostra o referencial S' se movendo com velocidade v no sentido positivo do eixo x , em relação ao referencial S que também coincide com o sentido positivo do eixo x' . Um evento observado por um observador no referencial S ocorre nas coordenadas x , y , z e t , enquanto um evento observado no referencial S' ocorre nas coordenadas x' , y' , z' e t' . Supondo que $t = t' = 0$ quando as origens dos referenciais S e S' coincidem, assim as coordenadas $y = y'$ e $z = z'$. Nas transformações de Galileu esse sistema é igual:

$$\begin{aligned}x' &= x - vt \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= t\end{aligned}\tag{3}$$

Como essas equações não estavam de acordo com as equações de Maxwell, Einstein modificou-as utilizando as transformações de Lorentz, sendo:

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - vt) \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)\end{aligned}\tag{4}$$

Onde γ é o fator de Lorentz $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. A variável x e a variável t aparecem

juntas tanto na primeira equação quanto na quarta. Essa mistura foi uma inovação da teoria de Einstein, na qual ele demonstrou que o espaço e o tempo estão interligados, isto é, o tempo entre dois eventos depende da distância que os separa (HALLIDAY, RESNICK; WALKER, 2011). Além disso, o espaço e o tempo são relativos para observadores que estão em movimento um em relação ao outro.

Halliday, Resnick e Walker (2011, p. 160) diz que “uma exigência formal das equações relativísticas é a de que devem se reduzir às equações clássicas quando c tende a infinito [...] quando fazemos $c \rightarrow \infty$ nas equações acima, $\gamma \rightarrow 1$ e as equações se reduzem (como deveriam) às equações da transformação de Galileu”.

Além dessas transformações, Einstein não viu qualquer necessidade de considerar o éter. Em 1887, os físicos Michelson e Morley fizeram o experimento para tentar medir o movimento da Terra em relação ao éter, utilizando o interferômetro. Através deste, eles chegaram à conclusão de que o éter não existia e que o espaço era totalmente vazio.

A adição das velocidades também sofreu uma mudança por conta dessas transformações. Uma simples soma de velocidades, como por exemplo uma pessoa caminhando a 1 km/h ao longo de um trem que está a uma velocidade de 60 km/h em relação ao solo, para um observador fora do trem conclui-se que a pessoa está a 61 km/h. Essa regra não se aplica quando os referenciais estão em altas velocidades, com isso deve-se referir a adição de velocidade relativística ou a transformação relativística de velocidade. Na qual u é a velocidade no referencial S e u' é a velocidade medida no referencial S' .

$$u = \frac{u' + v}{1 + u' \frac{v}{c^2}} \quad (5)$$

Uma consequência muito interessante do segundo postulado ocorre com o conceito de simultaneidade. Pode-se dizer que dois eventos são simultâneos se eles ocorrem no mesmo instante, ou seja, eles têm a mesma marcação do tempo (HEWITT, 2002). Considere uma nave, onde no meio do seu comprimento tem uma fonte luminosa, Figura 3.

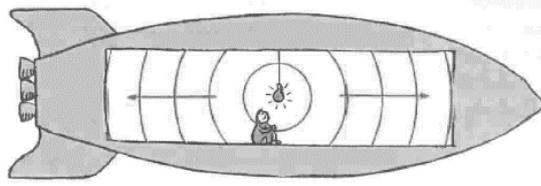


Figura 3. Exemplo de um observação do ponto de vista de um observador na nave (HEWITT, 2002, p. 599).

Quando a fonte é ligada, a luz se espalha em todas as direções com a velocidade c . Como a fonte está no meio da nave, a distância entre a parte frontal e traseira tem o mesmo comprimento. Se um observador W está dentro da nave, então a luz chega na parte frontal e traseira no mesmo instante, como mostra exatamente a figura 3, isso ocorre porque a nave ou está parada ou está com velocidade constante nesse referencial. Assim, considera-se que esse evento ocorre simultaneamente para este observador W.

Mas agora, quando o observador K está fora da nave em outro referencial que está parado referente a nave, nesse caso vamos adotar a Terra, como ele observa esse mesmo evento?

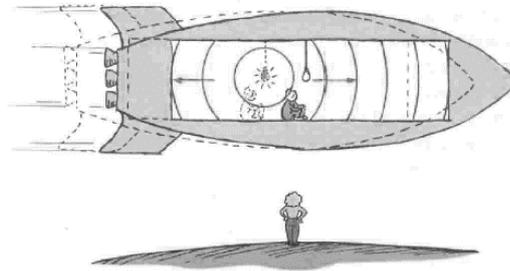


Figura 4. Exemplo de um observação do ponto de vista de um observador num referencial fora da nave, que no caso está parado referente a nave (HEWITT, 2002, p. 599).

O observador K vê a nave em movimento para frente, então quando a luz se propaga para a parte traseira da nave, ele observa que a parte traseira vai de encontro com o feixe de luz, enquanto a parte da frente se move no mesmo sentido que a nave. Assim, o feixe que se move para a parte traseira tem uma distância mais curta em relação ao feixe que se move para a parte frontal. Tendo o feixe a velocidade da luz em ambos os sentidos, este observador K que está na Terra, vê o feixe chegar primeiro na parte traseira e posteriormente vê o feixe chegar na parte frontal. Assim, conclui-se que para esse observador K os eventos não são simultâneos.

Hewitt (2002, p. 599) afirma que “dois eventos que são simultâneos em um sistema de referência não necessariamente devem ser simultâneos em um sistema que se move

em relação ao primeiro”. Esse resultado é puramente relativístico, cuja consequência é que a luz sempre se propagará com a mesma velocidade para qualquer referencial.

Se dois observadores W e K que estão em movimento um em relação ao outro medem o tempo entre dois eventos, geralmente encontram resultados diferentes (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011). Segundo Halliday, Resnick e Walker (2011, p. 152) isso acontece porque “o intervalo de tempo entre dois eventos depende da distância entre os eventos tanto no espaço como no tempo, ou seja, as separações espacial e temporal são interdependentes”.

Imagine um feixe de luz que ricocheteia um par de espelho na direção vertical, a distância entre os espelhos é fixa, então os intervalos de tempo entre os dois eventos são iguais. Suponhamos que o relógio esteja dentro de uma nave, onde os dois espelhos também estão, e que essa nave viaja com uma velocidade muito alta. Se um observador W estiver dentro da nave, ele observa o feixe de luz subir e descer entre os dois espelhos, Figura 5.

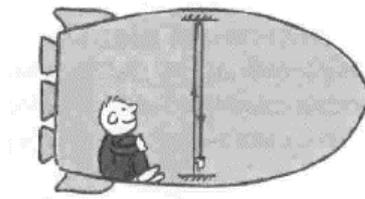


Figura 5. Exemplo de um observador W observando o feixe sendo ricocheteado entre os dois espelhos dentro da nave (HEWITT, 2002, p. 603).

Esse observador W não nota qualquer efeito na nave, pois para ele não existe um movimento relativo, assim o observador W e o relógio compartilham do mesmo referencial. Esse observador W mede o intervalo de tempo Δt_0 entre os dois eventos, cujos os espelhos estão a uma distância D

$$\Delta t_0 = \frac{2D}{c} \quad (6)$$

Suponha que agora o observador K esteja na Terra, com isso as coisas passam de maneira totalmente diferente para esse referencial. O feixe de luz agora irá fazer um movimento diagonal, devido ao fato do feixe estar se movimentando junto com a nave na horizontal e, ao mesmo tempo, esse feixe se move verticalmente para cima e para baixo ricocheteando os espelhos, Figura 6.

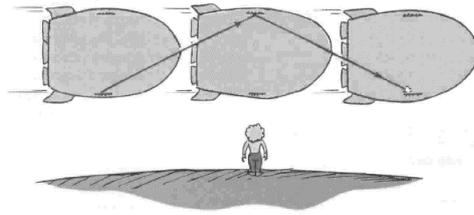


Figura 6. Exemplo de um observador observando o feixe sendo ricocheteadado entre os dois espelhos no referencial fora da nave (HEWITT, 2002, p. 603).

Observando a Figura 6, conclui-se que a distância percorrida pelo feixe de luz é maior, comparada quando o observador W está no mesmo referencial que a nave. Assim, o feixe de luz deve viajar entre os espelhos com um tempo mais longo. Na Figura 7, tem-se uma representação do evento.

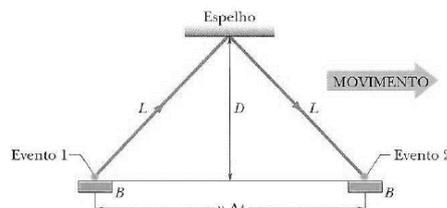


Figura 7. Representação do evento quando o observador está no referencial fora da nave (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011, p. 152).

Como a luz viaja com a mesma velocidade para os dois casos apresentados, então o observador K que está no referencial da Terra, vê que o feixe viaja uma distância de $2L$ entre os evento 1 e 2. O intervalo de tempo medido por esse observador é

$$\Delta t = \frac{2L}{c} \quad (7)$$

Onde $L = \sqrt{\left(\frac{1}{2}v \Delta t\right)^2 + D^2}$.

Combinando o valor de L na equação 6, tem-se:

$$L = \sqrt{\left(\frac{1}{2}v \Delta t\right)^2 + \left(\frac{1}{2}c \Delta t_0\right)^2} \quad (8)$$

Agora substituindo a equação 8 na 7, tem-se:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (9)$$

Essa equação mostra a relação com o observador W no referencial da nave e o outro no referencial da Terra, fora da nave. Como v é menor que c , o denominador dessa

equação é menor que a unidade, assim Δt é menor que Δt_0 . Com isso, os tempos entre os dois observadores são diferentes, isso acontece pelo movimento relativo deles. Halliday, Resnick e Walker (2011) afirma que:

Quando dois eventos ocorrem no mesmo ponto de um referencial inercial o intervalo de tempo entre os eventos, medidos nesse referencial, é chamado **de intervalo de tempo próprio** ou **tempo próprio**. Quando esse intervalo de tempo é medido em outro referencial o resultado é sempre maior que o intervalo de tempo próprio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011, p. 153).

Esse fenômeno do aumento de intervalo de tempo como consequência dos movimentos relativos entre os observadores é chamado de **dilatação do tempo**. Na equação 9, a razão v/c pode ser substituída pela letra grega β , então a expressão fica $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$, que no caso é chamado fator de Lorentz, assim:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad (10)$$

Quando os objetos movem-se no espaço-tempo, tanto o espaço como o tempo sofrem alterações (HEWITT, 2002). Assim, o espaço sofre contração, deixando os objetos parecerem menores quando se movem com velocidade relativística, esse fenômeno é chamado de **contração do comprimento**. FitzGerald (1896-1940) foi o primeiro a propor esse fenômeno e a sua expressão matemática foi proposta por Lorentz. Esses dois físicos não sabiam realmente o que tinham descoberto, eles tinham como hipótese que era a própria matéria que sofria a contração (HEWITT, 2002). Então, no seu artigo, Einstein descreveu que quem sofre a contração é o próprio espaço.

Voltando aos exemplos citados acima, considerem os observadores W e K, um está no referencial da nave e o outro no referencial da Terra, eles querem medir o comprimento da nave. O observador K que está no referencial da Terra com uma trena mede o comprimento próprio da nave L_0 , já que a Terra (corpo) está em repouso em relação a ele. O observador K vê o observador W na nave, onde percorre a Terra em um intervalo de tempo:

$$\Delta t = \frac{L_0}{v} \text{ ou } L_0 = v \Delta t \quad (11)$$

O intervalo de tempo na equação 11 não é o intervalo de tempo próprio, pois os dois eventos que definem o intervalo de tempo (a passagem do observador W pelo início da trena e a passagem do observador W no final da trena) ocorrem em locais diferentes. Por conta

disso, o observador K precisa de dois relógios sincronizados para fazer a medida do Δt (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011).

Para o observador W é a Terra que está se movendo, então os dois eventos observados pelo observador K ocorrem no mesmo lugar. Assim esse observador W pode medir o intervalo de tempo entre os dois eventos com um único relógio, esse intervalo é o intervalo de tempo próprio Δt_0 . Para o observador W o comprimento L da nave é dado por:

$$L = v \Delta t_0 \quad (12)$$

Combinado as equações 10, 11 e 12, tem-se:

$$L = \frac{L_0}{\gamma} \quad (13)$$

Halliday; Resnick e Walker (2011) afirma que:

O comprimento L_0 de um corpo medido no referencial em que o corpo se encontra estacionário é chamado de **comprimento próprio** ou **comprimento de repouso**. O comprimento medido em outro referencial em relação ao qual o corpo está se movendo (a direção da dimensão que está sendo medida) é sempre menor que o comprimento próprio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011, p. 157).

A este fenômeno se dá o nome de **contração espacial**.

Quando temos o efeito relativístico, as equações que descrevem o movimento da Mecânica Clássica devem ser transformadas para melhor se adequarem à nova dinâmica, então, para o momento e a energia isso não é diferente. Assim, o momento relativístico (p) é:

$$p = \gamma m v \quad (14)$$

Nesta equação observa-se que a única diferença da expressão clássica é o fator de Lorentz. Entretanto, essa diferença é muito importante, pois ao contrário do momento clássico, o momento relativístico aumenta sem limite quando v se aproxima de c (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011).

Einstein não apenas ligou o espaço e o tempo, mas também relacionou a massa com a energia (HEWITT, 2002). Um pedaço de matéria mesmo estando em repouso e não interagindo, possui uma energia, essa energia é determinada **energia de repouso**. Einstein também concluiu que era preciso energia para haver massa, assim, quando há liberação de energia a massa desaparece.

$$E_0 = m c^2 \quad (15)$$

Segundo Hewitt (2002, p. 615) “o termo c^2 é o fator de conversão entre as unidade de energia e massa”. Assim, como c é um valor grande, uma pequena quantidade de massa gera uma enorme quantidade de energia.

Conclui-se que, para a Física, as contribuições de Einstein foram fundamentais, através da TRR ele mudou a forma de como os homens enxergam o mundo e o Universo, mostrou também que o tempo e o espaço estão interligados e que não existe algo absoluto, mas sim algo relativo, que tudo depende do referencial.

1.2 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Como questão de pesquisa tem-se: Por meio da avaliação dos professores de Física do Ensino Médio, quais são as possíveis contribuições e limitações da sequência didática proposta para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita? Assim, para atingir esse objetivo foi feito um levantamento bibliográfico, com o interesse em compreender o que havia na literatura sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea. No levantamento bibliográfico foram utilizadas plataformas de busca como: Google Acadêmico, Periódicos da Capes, Scielo. As palavras chave de busca foram: Física Moderna no Ensino Médio, e, posteriormente, sequência didática sobre a TRR.

Dentre os artigos encontrados - que nesta pesquisa não foi considerado o número de artigos ou trabalhos, mas sim na qualidade e no auxílio para a reflexão sobre o tema – muitos trabalhos justificaram a inserção de se ensinar/abordar FMC no EM (ALVETTI, 1999; GUERRA, BRAGA, REIS, 2007; OLIVEIRA, 2013; OSTERMANN, FERREIRA, CAVALCANTI, 1998; OSTERMANN, 1999; OSTERMANN e MOREIRA, 2001; RODRIGUES, 2011; SANCHES, 2006; SOUZA, 2009; TERRAZZAN, 1992 e 1994).

Sendo assim, em pleno século XXI, os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea¹ (FMC) continuam ausentes na salas de aula do Ensino Médio (EM). Desde a

¹ Divisão da Física: *Física Clássica* que vai dos trabalhos de Galileu até o final do século XIX; *Física Moderna* é compreendida entre o final do século XIX até meados da década 20 do século XX; a partir desse momento é classificado como a *Física Contemporânea*. Portando a *Física Moderna Contemporânea* é compreendida entre o final do século XIX até os dias atuais (SANCHES, 2006).

década de 1970, as pesquisas do Ensino de Física vêm contribuindo para a discussão da necessidade de se inserir a FMC no EM, desenvolvendo estratégias, metodologias, diálogos, etc. (OLIVEIRA, 2013; SANCHES, 2006). Na década de 1980, os questionamento sobre a inserção de tópicos de FMC na educação básica começam a ser mais intensos (OSTERMANN, 1999). Desde então, houve um crescimento nas pesquisas voltadas para essa temática, tanto no âmbito nacional como no internacional.

Nos Estados Unidos e, provavelmente em nível internacional, a preocupação com o ensino de FMC nas escolas e nos cursos universitários introdutórios começou, ou intensificou-se, com a “Conferência sobre o Ensino de Física Moderna”, realizada no Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, Illinois, em abril de 1986, na qual, aproximadamente, 100 professores interagiram com cerca de 15 físicos. O objetivo específico da conferência era promover a abordagem de tópicos de pesquisa em Física, em especial Física de Partículas e Cosmologia, no ensino médio e em curso introdutórios de graduação (AUBRECHT, 1986 *apud* OSTERMANN, 1999, p. 8-9)

No Brasil, também houve muitas pesquisas voltadas para essa temática, sendo quatro projetos principais na percussão da introdução dos conceitos de FMC. No início da década de 1970, ocorreram o Projeto de Ensino de Física (PEF), o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF) e o Física Auto-Instrutiva (FAI). No início da década de 1990, foi criado o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) (TERRAZAN, 1992).

No Brasil, algumas iniciativas pioneiras vem contribuindo para inserir assuntos da FMC no ensino médio. Tomando-se como base os trabalhos apresentados no XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em Belo Horizonte, em janeiro de 1997, pode-se constatar que dos mais de duzentos trabalhos inscritos (entre comunicações orais e painéis), pelo menos 20 se referiam diretamente ao ensino de FMC, seja ao nível de formação de professores ou para utilização no processo de ensino-aprendizagem (ALVETTI, 1999, p. 48-9).

Terrazan (1992) destaca que o Brasil sofreu uma grande influência estrangeira na sua concepção sobre as temáticas da FMC. Na década de 1960 e começo da de 1970, nos EUA foram produzidos o PSSC (*Physical Science Study Committee*) e o HPP (*Harvard Project Physics*). Em meados da década de 1960, foram produzidos na Inglaterra o *Nuffield* com dois níveis: NSTP (*Nuffield Science Teaching Project*) e NAS (*Nuffield Advanced Science*).

Em meados da década de 1990, propostas de trabalhos foram apresentadas em diversos encontros científicos nacionais e internacionais, tendo como principal foco o levantamento de discussões sobre as possíveis inovações e tendências da modificação do

currículo do EM (SNEF, EPEF, RELAEF, REF, ENSEÑANZA, GIREP)² (CARVALHO e VANNUCCHI³, 1995 *apud* SANCHES, 2006). Nesses encontros, foi iniciada a tentativa de inclusão dos tópicos de FMC no currículo, assim deixando evidente a necessidade da escola se atualizar com o mundo atual, e preparar os seus alunos para a sociedade moderna, na qual os conhecimentos científicos e tecnológicos são utilizados em diversos momentos (SANCHES, 2006).

Na Conferência Interamericana sobre Educação em Física foi organizado um grupo que discutiu o Ensino de FMC. Nesta discussão, foram levantados vários motivos para a inserção dos tópicos modernos no EM. Entre estes tópicos, destaca-se:

Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
 Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
 É de o maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
 É mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
 Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la (BAROJAS, *apud* OSTERMANN, 1999, p. 9).

Segundo Canato Jr⁴ (2003 *apud* SANCHES, 2006) países como a Inglaterra e outros do Reino Unido já sofreram mudanças curriculares, nas quais a FMC aparece como parte fundamental no ensino-aprendizagem dos alunos do EM. Ostermann e Ricci (2002, p. 177) afirmam que “em vários países desenvolvidos já foi superada a etapa de ‘levantamento de justificativas’ para a inserção da FMC e seus sistemas escolares contemplam nos currículos, quase sem exceção, o tratamento de tópicos modernos”. No entanto, no Brasil esse processo ainda continua a passos lentos, mesmo nos currículos tendo um apontamento da importância de se inserir tópicos modernos no EM, observa-se que na sala de aula isso não acontece.

² Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física (EPEF), Reunião Latino-Americana sobre Educação em Física (RELAEF), Reunión Nacional de Educación en la Física (REFs), Revista Enseñanza de las Ciencias e Groupe International de Recherche sur l'enseignement de la Physique (GIREP).

³ CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. *O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa*. 1995.

⁴ CANATO Jr. O. **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Médio**. 2003. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Enquanto tudo muda numa rapidez assombrosa, a escola continua evoluindo a passos lentos e com isso não consegue acompanhar essas mudanças. Mais do que nunca é necessário que a escola acompanhe essas evoluções, que ela esteja conectada às transformações, sendo a principal responsável por formar cidadãos que tenham autonomia intelectual e pensamento crítico, capazes de construir novos saberes e assim contribuir com a sociedade através de sua participação ativa nas decisões que envolvem seu destino (OLIVEIRA, 2013, p. 17).

É necessário pensar no currículo como uma peça chave para que os alunos se tornem cidadãos plenos, conscientes e participativos na sociedade (OLIVEIRA, 2013; OSTERMANN, 1999; SANCHES, 2006). Assim, para que eles possam crescer como cidadãos e contribuir com a sociedade através do desenvolvimento de suas autonomias intelectuais e pensamentos críticos, é necessário que deixem o Ensino Básico com os conhecimentos necessários para compreender a sociedade moderna. Além disso, para os alunos compreenderem os fundamentos científicos e tecnológicos, é necessário que tenham os conhecimentos da Física desenvolvidos a partir do final do século XIX e início do XX, sendo essa época a base da compreensão das novas tecnologias, que cada vez mais estão presentes na sua vida diária (OLIVEIRA, 2013).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) (BRASIL, 1996) no seu art. 35, inciso IV afirma que “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” é uma das finalidades do Ensino Médio, além de ser organizado de forma que, em sua conclusão, o aluno demonstrasse o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (BRASIL, 1996, art. 36, § 1º, inciso I).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999a e 2002b) ressaltam a importância da renovação dos currículos escolares, “para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais” (BRASIL, 1999a, p. 209). Além de ressaltar que os conhecimentos de Física incorporam a cultura e integram os instrumentos tecnológicos, sendo parte indispensável para a formação da sociedade moderna. Com isso, o ensino de Física “deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais” (BRASIL, 1999a, p. 7). Sanches (2006) afirma que o PCN

Defende um ensino que traga para a sala de aula ideias atuais e capazes de contribuir para a formação abrangente do estudante, permitindo-lhe compreender princípios básicos da Ciência e habilitando-o a participar de debates envolvendo questões científicas e tecnológicas que repercutam na sociedade e no ambiente (SANCHES, 2006, p. 3).

[...] o aprendizado de física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas [...], notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteroide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular [...] (BRASIL, 1999a, p. 27)

Mas, em vez de abranger essas ideias, os conteúdos de Física abordados em salas de aula enfatizam a utilização de fórmulas e insistem em resolução de exercícios repetitivos (SANCHES, 2006). Essas abordagens foram exatamente os observados nos estágios obrigatórios. Com isso, é preciso discutir qual Física se quer ensinar nas escolas?

O currículo do Estado de São Paulo foi criado em 2008 pela Secretária da Educação do Estado de São Paulo, por meio da Coordenadoria de Gestão da Educação Básica. Na sua concepção, a Física ensinada nas escolas deve, além de ser pensada como elemento básico para a compreensão e ação do mundo contemporâneo, está voltada para a formação do cidadão contemporâneo, atuante e solidário, assim tendo instrumentos para compreender e intervir na realidade (SÃO PAULO, 2010). Nesta proposta, os conteúdos do currículo de Física estão distribuídos em seis grandes temas: na 1ª série do EM: Movimentos (grandezas, variações e conservações) e Universo, Terra e vida; na 2ª série do EM: Calor, ambiente e usos da energia e Som, imagem e comunicação, para a 3ª série do EM: Equipamentos elétricos e Matéria e radiação.

Observa-se que a proposta curricular do Estado de São Paulo já inseriu alguns tópicos modernos no currículo de Física, mas ainda têm-se alguns obstáculos para, definitivamente, esses tópicos serem abordados em salas de aula.

[...] para que esses objetivos sejam atingidos alguns obstáculos precisam ser superados, como a necessidade de privilegiarem-se leis gerais e conceitos fundamentais exigindo pouca matematização; a compatibilidade do estudo da Física Clássica e da Física Moderna dentro da mesma programação; a falta de professores preparados para o ensino da Física Moderna; a questão da carga horária dedicada às aulas de Física no ensino público que é muito reduzida; os conteúdos que são abordados no livro didático (SANCHES, 2006, p. 14).

Os objetivos propostos por Sanches (2006) são os maiores obstáculos para a inserção da FMC no EM, pois além de ter um grande movimento para ela ser inserida nos

currículos educacionais, os professores têm que estar preparados para a sua abordagem. Atualmente, como Sanches (2006, p. 9) afirma “os professores possuem uma formação deficiente e, conseqüentemente, os alunos não consolidam uma base suficiente para a construção não somente do conhecimento da Física, mas do conhecimento [...] significados ao mundo que os rodeia”.

É preciso resgatar urgentemente o interesse dos alunos em aprender física, e, para tal, devemos considerar alguns aspectos importantes que fazem parte de suas vidas. Nesse sentido, não podemos deixar de mencionar a influência das novas tecnologias relacionadas à informática (internet, vídeos *games*, *applets*, *softwares* etc.) e relacionadas aos aparatos tecnológicos (máquinas, processos industriais e outras atividades profissionais), que merecem atenção especial por fazerem parte da área de Ciências da Natureza nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e por fazerem parte do cotidiano da maioria dos alunos. Isso, por sua vez, passa a influenciá-los de maneira significativa no modo como percebem o mundo que os rodeia, levando à compreensão e/ou ao manuseio de técnicas, relacionando teoria com prática, tentando entender a preparação para o trabalho [...] (WEBBER, 2006, p. 9-10).

Outro fato importante de pensar o porquê dos tópicos de FMC ainda estarem ausentes das salas de aula, está ligado ao fato desses tópicos não serem cobrados no ENEM. Oliveira (2013, p. 26) afirma que “as escolas que têm como prioridade a aprovação de seus alunos nesse exame, tomam para si a matriz de referência adotada pelo Enem”. Isso é incoerente, pois além da matriz de referencial estar desatualizada e independentemente da FMC ser ou não cobrada pelo ENEM, isso não impede os professores de abordar esses tópicos em sala de aula, ainda mais se tratando de temas atuais que contribuem para a formação de alunos conscientes e participativos (OLIVEIRA, 2013).

Na tese de doutorado de Ostermann (1999), a autora desenvolve uma revisão sobre a FMC no EM, a qual abrangeu desde os primeiros trabalhos que surgiram no final da década de 1970, até os trabalhos atuais. A autora também fez uma pesquisa com aproximadamente 100 profissionais em diversas regiões do Brasil com o intuito de verificar quais as suas opiniões sobre a inserção da FMC no EM. Esses profissionais apontaram quais os temas de FMC que, se possível, poderiam ser inseridos no currículo do EM, os temas mais apontados foram: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, força fundamental, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibra óptica. Dentre esses temas, o mais sugerido foi a Mecânica Quântica (63%), seguido da Relatividade (50%).

Os professores de Física do ensino médio nesta metodologia⁵, revelaram-se o grupo menos engajado na discussão. Pela nossa experiência nas escolas, percebemos que há muita resistência por parte deles com respeito a atualização curricular, principalmente, por implicar uma significativa reformulação nos conteúdos usualmente trabalhados e um investimento no estudo de tópicos mais atuais. (OSTERMANN, 1999, p. 151).

Então, além da LDB, dos PCN e do currículo de São Paulo, vários pesquisadores (ALVETTI, 1999; GUERRA, BRAGA, REIS, 2007; OLIVEIRA, 2013; OSTERMANN, FERREIRA, CAVALCANTI, 1998; OSTERMANN, 1999; OSTERMANN e MOREIRA, 2001; RODRIGUES, 2001; SANCHES, 2006; SOUZA, 2009; TERRAZZAN, 1992 e 1994) da área de ensino de Física, professores, físicos, entre outros defendem a atualização curricular da Física no EM.

1.2.1 Por que inserir a Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio?

A Teoria da Relatividade Restrita (TRR) é um dos tópicos que deveria ser inserido no EM, além de ser considerado um marco histórico, tanto no pensamento científico quando para a sociedade (RODRIGUES, 2001). Inserir este tópico no EM é essencial, pois possibilita a entrada para outros tópicos de FMC, com isso abordando temas tão presente na sociedade através da divulgação científica (RODRIGUES, 2001).

A fama que essa teoria teve foi exuberante. Einstein foi uma figura pública, além do meio científico, ele era reconhecido pela sociedade, isso teve um impacto na difusão deste conhecimento, principalmente através da mídia (KARAN, 2005).

A fama mundial de Einstein começou naquele momento. E não foi só para o grande público, mas também no próprio meio científico... Quatro ou cinco anos depois da comprovação histórica, em 1919, a teoria da relatividade geral, bem como a restrita, estavam estabelecidas nas mentes dos cientistas, e a fama de Einstein para o público geral confirmou a importância crescente dos novos rumos da física e os distúrbios daquele período crucial da história do mundo (PATY ⁶, 2000, p. 11 *apud* RODRIGUES, 2011, p. 40).

⁵ A metodologia utilizada foi a técnica Delphi que consiste na elaboração de um questionário inicial enviado a um grupo respondente, seguido de sua reelaboração e reenvio do questionário após o retorno das respostas. Durante o processo é garantido a cada respondente a oportunidade de reavaliar suas respostas originais tendo como base o exame das respostas do grupo. Procura-se assim, “permitir que um grupo de indivíduos, como um todo, enfrente um problema complexo” (OSTERMANN, 1999, p. 41).

⁶ PATY, M. A recepção da relatividade no Brasil e a influência das tradições científicas européias. In: HAMBURGER, Amélia Império, et. al. (org.). **A ciência nas relações Brasil-França (1850-1950)**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.

Esta difusão marcante foi devido à como Einstein tratou as leis do Universo e da matéria de modo diferentes, além de reformular o espaço e o tempo. Köhnlein e Peduzzi⁷ (2005 *apud* KARAN, 2005) aponta uma justificativa interessante para a inserção da TRR no EM, na qual através dela o aluno poderá ter uma visão mais abrangente do dinamismo da Ciência. Os autores afirmam também que a inserir da TRR seria uma alternativa para quem deseja ir além do mero algoritmo e de alguns experimentos. Além disso, eles ressaltam a importância de trabalhar os períodos de crises e revoluções científicas, assim discutindo o papel da comunidade científica na construção das teorias e mostrando que o conhecimento científico são uma construções humanas, que está sujeita a contestações e modificações.

Assim, no EM devem ser abordadas as atividades científicas que aconteceram na época em que a TRR foi proposta, ainda mais o fato de ter ocorrido uma série de problemas entre a Física Clássica e resultados experimentais (RODRIGUES, 2001). Os autores Borghi, De Ambrosio e Ghisolfi⁸ (1993 *apud* KARAM, 2005) afirmam que os conceitos da TRR devam fazer parte do EM, por razões, como:

- Valor cultural desta teoria;
- Possibilidade de lidar com seus conceitos básicos sem a necessidade de um tratamento matemático sofisticado
- Promover um intenso envolvimento dos estudantes;
- Reconhecimento dos processos que envolvem a passagem de uma teoria científica para outra;
- Importância de constatar como uma teoria física pode estar desvinculada do senso comum e de experiências cotidianas (BORGHI; DE AMBROSIO; GHISOLFI, 1993 *apud* KARAM, 2005, p. 23-4).

Então, a TRR é capaz de atrair a atenção dos alunos do EM, pois ela contribui para a compreensão das viagens no tempo, da quarta dimensão, das contribuições que Einstein fez na Física, da famosa equação de energia que está associada a bomba atômica ($E = m c^2$), etc. Esses fatos estão presentes no cotidiano dos alunos, assim eles próprios podem trazer questionamentos e informações a respeito desse tema, além de ampliar a percepção do mundo.

⁷ KÖHNLEIN, J. F. K. e 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**. v. 22, n.1, p.36-70, 2005.

⁸ BORGHI, L., DE AMBROSIO, A. e GHISOLFI, E. Teaching Special Relativity in High School. **Proceedings of the III Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics**, Ithaca, NY, 1993.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo, serão discutidas quais são as perspectivas que Zabala (1998) têm sobre a análise da prática educativa. Também, serão abordados quais os critérios para se fazer uma sequência didática, que abrange todos os conteúdos segundo a tipologia, além de discutir como se ensinar e avaliar esses conteúdos. Para encerrar, será apresentada a sequência didática sobre a TRR.

2.1 PERSPECTIVAS DE ZABALA SOBRE A ANÁLISE DA PRÁTICA EDUCATIVA

Um bom profissional tem como objetivo ser cada vez mais competente, além de ter os conhecimentos e as experiências necessárias para o exercício da profissão. O professor não pode ser diferente, mas como ele pode saber se os conhecimentos e experiências são adequados? (ZABALA, 1998). O trabalho docente, bem como a formação de professores são aspectos complexos, que envolvem discussões políticas e teóricas que coexistem com os problemas sociais que envolvem a educação. Entretanto, a análise da prática pode fazer parte das vidas dos professores. Em especial a busca de referenciais poderá orientar nas suas reflexões e, conseqüentemente, poderá ocorrer as alterações ou modificação da sua prática.

A prática educativa começa a partir das reflexões feitas pelo professor sobre a sua própria prática, esses processos são inseparáveis na atuação do professor. Zabala (1998, p. 17) diz que “a intervenção pedagógica, nunca pode ser entendida sem uma análise que leve em conta as intenções, as previsões, as expectativas e a avaliação dos resultados”.

A análise do processo educativo é feita através das atividades, essas atividades são feitas a partir das intenções educacionais que cada professor tem, ou seja, o professor que determina quais serão as finalidades e os objetivos destas atividades, conseqüentemente, ele determina quais serão as capacidades que pretende desenvolver com os alunos. A partir disso, o professor deve ter em mente duas perguntas primordiais para a elaboração dessas atividades: Quais são as intenções educativas? O que pretendo que os alunos consigam? (ZABALA, 1998)

As atividades propostas em sala de aula têm determinados significados para o ensino. Nem sempre são proposta apenas uma única atividade, mas sim uma série de atividades

ordenadas, então é melhor analisar a prática educativa utilizando as *sequências de atividades* ou *sequências didáticas*, assim, esta análise permite o estudo em todos os processos da sua elaboração, começando da fase de planejamento, da aplicação e por último a avaliação (ZABLA, 1998).

A sequência didática é definida por Zabala (1998, p. 18) como sendo “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos aluno”. A sequência indica a função que cada atividade pode ter na construção do conhecimento e da aprendizagem de cada aluno nos diferentes conteúdos.

O professor, sabendo que todos estão inseridos num contexto social, não deve proporcionar aos alunos um ensino priorizando só as capacidades cognitivas, mas promover uma *formação integral*.

Educar quer dizer formar cidadão e cidadãs, que não estão parcelados em compartimentos estanques, em capacidades isoladas. [...] A capacidade de uma pessoa para se relacionar depende das experiências que vive, e as instituições educacionais são um dos lugares preferenciais, nesta época, para se estabelecer vínculos e relações que condicionam e definem as próprias concepções pessoais sobre si mesmo e sobre os demais (ZABALA, 1998, p. 28).

Junto ao questionamento: “Por que ensinar?” também se deve questionar: O que ensinar? Na elaboração de uma sequência didática, o professor deve responder a esses questionamentos através dos conteúdos de aprendizagem que poderão estar contidos nestas sequências. O termo *conteúdo* é entendido por Zabala (1998, p. 30) como “tudo quanto se tem que aprender para alcançar determinados objetivos que não apenas abrangem as capacidades cognitivas, como também incluem as demais capacidades”. Nessas demais capacidades está incluído o desenvolvimento das capacidades motoras, afetivas, da relação interpessoal e da inserção social (ZABALA, 1998).

Para atender a essas capacidades, Zabala utiliza as ideias de Coll⁹ (1986 *apud* ZABALA, 1998) que propõe uma grande potencialidade explicativa dos fenômenos educativos, agrupando os conteúdos em: factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais.

⁹ COLL, C. **Marc curricular per a l' Ensenyament Obligatori**. Barcelona. Dep. De Ensenanza de la Generalitat Cataluña, 1986.

Numa formação integral, esses conteúdos devem estar equilibrados, ou seja, a tipologia de conteúdos servirá como instrumento para definir as posições sobre o papel do ensino (ZABALA, 1998). Então, com a tipologia, que são as características do conteúdo, se pode analisar as sequências e conhecer os conteúdos, e, principalmente, saber se as potencialidades desses conteúdos estão de acordo com os objetivos e intenções educacionais.

Outro questionamento que o professor deve se fazer é: “Como se aprende?”. A resposta desta questão é que o professor deve pensar se as atividades propostas são necessárias e suficientes para os alunos alcançarem a aprendizagem. As decisões por de trás da sequência, escondem as ideias sobre como é desenvolvida a aprendizagem.

[...] as aprendizagens dependem das características singulares de cada um dos aprendizes; correspondem, em grande parte, às experiências que cada um viveu desde o nascimento; a forma como se aprende e o ritmo da aprendizagem variam segundo as capacidades, motivações e interesses de cada um dos meninos e meninas; enfim, a maneira e a forma como se produzem as aprendizagens são o resultado de processos que sempre são singulares e pessoais (ZABALA, 1998, p. 34).

O professor quando for elaborar as atividades deve levar em conta as aprendizagens e as dificuldades dos alunos, assim, utilizar critérios que estabeleçam o nível de aprendizagem de cada aluno, através das suas capacidades e dos seus conhecimentos prévios. Mas, muitas vezes, isso não é levado em consideração, principalmente, nas disciplinas de Linguagem, Matemática ou Física – uma aprendizagem que é realizada sobre conteúdos cognitivos – os professores utilizam atividades que nivelam o conhecimento de todos, considerando que todos os alunos têm o mesmo conhecimento. Diferente destas disciplinas, na Educação Física, por exemplo, o professor utiliza formas de ensino diferentes que se adequam a cada aluno, de modo a inserir desafios alcançáveis, e ajuda necessária, isto é, o professor estabelece níveis, desafios, ajuda e avaliações apropriadas as característica pessoais de cada aluno (ZABALA, 1998).

Como se pode conhecer os diferentes graus de conhecimentos, identificar os desafios, saber qual deve ser a ajuda necessária e, posteriormente, fazer uma avaliação apropriada para cada aluno? Isso é uma tarefa difícil, mas o professor sempre pode buscar meios e formas de intervenção para responder as necessidades de cada aluno.

Para estabelecer referência e critérios para a análise da prática, Zabala (1998) propõe a utilização dos princípios psicopedagógicos em torno da concepção construtivista da aprendizagem. A concepção construtivista parte das interações sociais e socializadora da

educação escolar e do construtivismo que é observado no âmbito da psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem (ZABALA, 1998). Pode compreender uma série de princípios complexos dos processos de ensino/aprendizagem, além de articular as atividades de construção do conhecimento.

A aprendizagem, na concepção construtivista, estabelece que o papel do professor é de mediar as informações em sala de aula. O professor que dispõe das condições para que a construção do conhecimento do aluno seja ampla ou restrita (ZABALA, 1998), ou seja, a intervenção pedagógica que favorece e promove a *atividade mental* dos alunos, passando por momentos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio (COLL, 1983 *apud* ZABALA, 1998).

O modelo educativo tradicional marcou e condicionou por muitos séculos a forma de ensinar, chegando aos nossos dias com muita força. Nesse modelo, as sequências de ensino/aprendizagem são logicamente as aulas magistrais, tendo como prioridade o ensino dos conteúdos conceituais, os quais são essencialmente transmitidos e acumulativos. Esse ensino tem como característica fazer atividades em grandes grupos, assim a relação interativa professor/aluno no ambiente ocorre de forma unidirecional, ou seja, de caráter direto. Além disso, a avaliação é um meio de selecionar e sancionar, exclusivamente a reprodução, através dos resultados.

Mudando a visão da classificação tradicional dos conteúdos e considerando-os segundo a tipologia factual, conceitual, procedimental e atitudinal, se pode perceber que existe uma semelhança na forma de aprendê-los, e, conseqüentemente de ensiná-los (ZABALA, 1998). Isso acontece porque a aprendizagem e o ensino desses conteúdos são orientados pelo fato de serem conceitos, fatos, métodos, procedimentos, atitudes, normas, etc. A forma de propor as atividades será o que permitirá ao professor inter-relacionar os diferentes conteúdos.

Com isso, Zabala apresenta uma proposta de ensino que atenda a diversidade dos alunos, num processo autônomo de construção do conhecimento (ZABALA, 1998). Esse modelo de intervenção pedagógica apresenta variações, as quais Zabala (1998, p. 50) aponta como sendo “maneira que a função social do ensino amplia suas perspectivas e adquire um papel mais global que abarque todas as capacidades da pessoa desde uma proposta de *compreensividade* e de *formação integral*”. Assim, incentivando a observação de todas as capacidades e os diferentes tipos de conteúdo, além de ser uma concepção de aprendizagem com as fundamentações construtivistas.

Assim, os **conteúdos factuais** são entendidos como um conhecimento dos fatos, acontecimentos, situações, dados e fenômenos, ou seja, são concretos ou singulares, como: a idade e nome de uma pessoa, a localização de uma cidade, os códigos, um acontecimento histórico, etc. No ensino, são trabalhados muitos conteúdos factuais, como: as datas e os nomes de acontecimentos históricos; nomes de autores na literatura; música; códigos e símbolos nas áreas exatas; classificações na Biologia, etc. (ZABALA, 1998).

Zabala (1998, p. 41) afirma que “o aluno ou a aluna aprendeu um conteúdo factual quando de fato é capaz de reproduzi-lo”. Assim, deve-se reproduzir de maneira exata, saber a data de algum fato histórico com precisão, atribuir exatamente o significado de algum símbolo, quando refere-se a um acontecimento ser o mais fiel possível. Esses conteúdos são aprendidos basicamente por atividades de cópia, repetindo várias vezes o mesmo fato quanto for necessário até chegar a memorizá-lo. Com isso, as atividades básicas para uma sequência de conteúdos factuais terão que conter exercícios de repetição. Zabala (1998, p.79) diz que “conforme a quantidade e a complexidade da informação, utilizem estratégias que reforcem as repetições mediante organizações significativas ou associações”.

Essa aprendizagem deve levar em conta que os alunos são os protagonistas de sua aprendizagem, somente eles vão realizar as atividades de estudo. Assim, o professor deve estimulá-los para a realização das atividades de memorização, fazendo com que cada aluno realize um número grande de exercícios até que seja capaz de assimilar o conteúdo (ZABALA, 1998).

Os **conteúdos conceituais** são divididos em conceitos e princípios. Zabala (1998) define esses dois termos.

Os conceitos se referem ao conjunto de fatos, objetos ou símbolos que têm características comuns, e os princípios se referem às mudanças que se produzem num fato, objeto ou situação em relação a outros fatos, objetos ou situações e que normalmente descrevem relações de causa-efeito ou de correlação (ZABALA, 1998, p. 42).

Esses dois tipos de conteúdo são trabalhados no ensino, sendo que ambos têm como consequência a necessidade de compreensão. O aluno só aprendeu um conceito ou um princípio quando o mesmo entendeu seu significado, ou seja, quando ele o utiliza para a interpretação, compreensão ou exposição de algo, de algum fenômeno ou de uma situação (ZABALA, 1988). Pode se dizer que o aluno entendeu as Leis de Newton quando este conhecimento permite a interpretação das forças envolvidas num ônibus, num bloco pendurado,

um bloco descendo uma rampa, etc. A compreensão dos conceitos e princípios vai muito além de reprodução. Os conteúdos conceituais são uma aprendizagem que nunca pode ser considerada acabada, ou seja, sempre tem a possibilidade de ampliá-la ou aprofundá-la. Esses conteúdos são aprendidos por meio de atividades experimentais que fazem os novos conteúdos de aprendizagem se relacionarem com os conhecimentos prévios, atividades que promovam uma atividade mental, atividades que sejam um desafio para os alunos (ZABALA, 1998).

Nos conteúdos conceituais, a avaliação é através da observação de como os conceitos são usados pelos alunos nas diversas situações, isso ajuda o professor a compreender quais são os conhecimentos que cada aluno tem. Essas observações são feitas em trabalhos em grupo, debates, exposições e, principalmente, em diálogos (ZABALA, 1998).

Os **conteúdos procedimentais** são aqueles que incluem as regras, as técnicas, os métodos, as habilidades, as estratégias, os procedimentos, como por exemplo: desenhar, ler, observar, classificar, traduzir, calcular, saltar, recortar, etc. (ZABALA, 1998). Além desses conteúdos serem considerados uma ação ou um conjunto de ações, suas aprendizagens são diferentes, ou seja, cada um tem uma característica própria.

Há três eixos para a identificação das diferentes características do conteúdo procedimental: o primeiro se define, conforme Zabala (1998, p. 44) “as ações que se realizam impliquem componentes mais ou menos motores ou cognitivos – linha contínua *motor/cognitivo*”. Dentre os exemplos colocados acima estão mais próximo do motor (saltar, recortar), e do cognitivo (ler, traduzir). O segundo eixo é caracterizado pelo número de ações que intervêm, classificados em *poucas ações* ou *muitas ações*. Como por exemplo, o tipo de cálculo ou a tradução estão próximos a poucas ações, já ler, desenhar, observar estão próximos a muitas ações (ZABALA, 1998). O terceiro eixo se refere ao grau de determinação da ordem das sequência, ou seja, são classificados em *continnum algorítmico* e *heurístico*. As ações contínuas, independente da situação, são sempre as mesmas, em oposição está a heurística que correspondem as ações que são realizadas e organizadas dependendo da situação em que devem ser aplicadas.

Zabala (1998, p. 44) diz que os alunos “aprendem os conteúdos procedimentais a partir de modelos especializados. As realizações das ações que compõem o procedimento ou a estratégia é o ponto de partida”. Então se aprende os conteúdos procedimentais a partir da *realização das ações* que é quando se faz a ação; a *exercitação* que é a repetição da ação até que chegue a dominá-lo; a *reflexão sobre a própria atividade* que é a reflexão a ação que está se realizando e a *aplicação em contextos diferenciados* que é a aplicação da ação em vários

contextos. A avaliação destes conteúdos é feita a partir das observações do professor referente a aplicação dos conceitos na prática pelos alunos. Essas observações são feitas a partir das atividades que têm caráter de diálogo, debate, pesquisa, trabalhar em grupo, etc. As atividades avaliativas devem ter um caráter que o professor possa conhecer o grau de domínio, as dificuldades e obstáculos.

Os **conteúdos atitudinais** são agrupados em valores, atitudes e normas. O *valor* é entendido como os princípios ou as ideias da ética ou moral, que permitem aos alunos refletirem sobre suas condutas, como exemplos têm-se a solidariedade, o respeito, o compromisso, a responsabilidade, a liberdade, etc. Segundo Zabala (1998, p. 47) o aluno adquiriu um valor “quando este foi interiorizado e foram elaborados critérios para tomar posição frente àquilo que deve se considerar positivo ou negativo, critérios morais que regem a atuação e a avaliação de si mesmo e dos outros”.

A *atitude* corresponde às tendências de atuação dos alunos com os outros em sua volta, essa atuação está ligada aos valores que eles têm como, por exemplo, a cooperação com o grupo, ajudar os colegas, respeitar o próximo, participar das tarefas escolares, etc. Zabala (1998, p. 47) diz que se aprende uma atitude quando o aluno “pensa, sente e atua de uma forma mais ou menos constante frente ao objeto concreto a quem dirige essa atitude”.

As *normas* correspondem às regras que devem seguir para o convívio em sociedade. Pode se afirmar que aprende as normas em diferentes graus: em primeiro grau quando trata-se de uma simples aceitação, sem entender a necessidade de cumpri-la; em segundo grau quando existe uma reflexão sobre o significado da norma, na qual ela pode ser forçada ou voluntária; em terceiro, quando se interiorizam as normas e aceitam-nas como regra básica para o convívio na sociedade (ZABALA, 1998). A aprendizagem dos conteúdos atitudinais supõe um conhecimento e uma reflexão sobre as ações que se faz, além de uma análise e uma avaliação das próprias condutas e atuação. Para o professor avaliar esses conteúdos é preciso a observação sistemática de opiniões e das atuações dos alunos nas atividades grupais, nos debates, nas manifestações dentro e fora da aula, nas visitas, passeios, na responsabilidade, durante o recreio, etc.

Assim, os professores, sabendo que os alunos estão num contexto social e que as sequências de atividades existem como uma intensão educativa, devem fornecer uma formação integral, na qual contemplem todos os conteúdos da tipologia, além de promoverem a construção do conhecimento de cada um dos alunos.

2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Uma das diferentes variáveis que Zabala propõe como proposta metodológica é a sequência didática. O primeiro elemento que pode ser identificado como método, corresponde ao tipo de ordem em que se propõem as atividades, pois os tipos de atividades e, sobretudo, a sua articulação, são traços diferenciais para se determinar a especificidade de uma proposta didática.

Neste sentido, a sequência didática deve servir para compreender a intensão educacional, ou seja, compreender as razões que as justificam, além de introduzir mudanças e refletir sobre novas atividades que as melhorem (ZABALA, 1998). Quando se cria uma sequência didática, o professor deve se perguntar se esta sequência é mais ou menos apropriada para ser ensinada e, assim, elencar os argumentos que permitem para fazer essa avaliação.

A seguir, serão apresentados quatro exemplos de sequência didática que Zabala (1998) propõe, para as quais o autor observa as carências existentes, permitindo compreender que essas sequências são adaptáveis às necessidades educacionais. O autor analisa os conteúdos que se trabalha, julgando se são os mais apropriados para chegar aos objetivos previstos, ou seja, que promovam a aprendizagem. Essas quatro sequências são exemplos que se aproximam do Ensino Médio e os anos finais do Ensino Fundamental.

Quadro 1. Unidade 1.

<p>1. Comunicação da lição O professor ou a professora expõe o tema. Enquanto explica, os alunos tomam notas. O professor ou a professora permite alguma pergunta, a que responde oportunamente. Quando acaba, define a parte do tema que será objeto da prova que vale nota. Segundo a área ou matéria, os conteúdos podem ser um relato histórico, uma corrente filosófica, literária ou artística, um princípio matemático ou físico, etc.</p> <p>2. Estudo individual sobre livro-texto Cada um dos meninos e meninas, utilizando diferentes técnicas (quadros, resumos, sínteses), realiza o estudo do tema.</p> <p>3. Repetição do conteúdo aprendido Cada menino e menina, individualmente, memoriza os conteúdos da lição que supõe será objeto da prova ou exame.</p> <p>4. Prova ou exame Em classe, todos os alunos respondem as perguntas do exame durante uma hora.</p> <p>5. Avaliação O professor ou a professora comunica aos alunos os resultados obtidos.</p>

Fonte: Zabala, 1998, p. 56.

Na unidade 1, observa-se que a sequência é tradicional, que os conteúdos são exclusivamente conceituais, pois se utiliza de técnica expositiva. O procedimento de

habilidades que são trabalhos – como técnica de estudo, síntese, tomar nota, memorização – que no caso são características do conteúdo procedimental, não podem ser considerados como conteúdos de aprendizagem, pois em nenhum momento é levado em conta como artifício de ensino, mas somente para a memorização (ZABALA, 1998). A única atitude que se tem nessa sequência é a conservação da ordem e o respeito pelo professor. Sendo assim, essa unidade é praticamente desenvolvida com o objetivo dos alunos saberem determinados conhecimentos.

Quadro 2. Unidade 2.

<p>1. Apresentação, por parte do professor ou da professora, de uma situação problemática O professor ou a professora expõe aos alunos uma situação conflitante que pode ser solucionada por meios matemáticos, se a situação é matematizável (frações), linguística (construção de frase), física (relação entre velocidade, espaço e tempo) ou de qualquer outra área.</p> <p>2. Busca de soluções O professor ou a professora pede aos meninos e meninas que exponham diferentes formas de resolver o problema ou a situação.</p> <p>3. Exposição do conceito e o algoritmo O professor ou a professora aproveita as propostas dos alunos para elaborar o novo conceito (fração, sintagma nominal, velocidade) e ensinar o modelo de algoritmo (operações de frações análise sintática, fórmula da velocidade), o problema ou a situação.</p> <p>4. Generalização O professor ou a professora demonstra a função do modelo conceitual e o algoritmo em todas aquelas situações que cumprem determinadas condições.</p> <p>5. Aplicação Os alunos, individualmente, aplicam o modelo a diversas situações.</p> <p>6. Exercitação Os alunos realizam exercícios do uso do algoritmo.</p> <p>7. Prova ou exame Em classe, todos os alunos respondem às perguntas e fazem os exercícios do exame durante uma hora.</p> <p>8. Avaliação O professor ou a professora comunica aos alunos os resultados obtidos.</p>
--

Fonte: Zabala, 1998, p. 56-7.

A unidade 2 é voltada às áreas mais procedimentais, como a Matemática, a Ciência, a Língua, etc. Assim, os conteúdos dessa sequência são praticamente procedimentais, mas também há conteúdos conceituais que são associados à compreensão dos conceitos de fração, velocidade ou sintagma nominal (ZABALA, 1998). Os conteúdos atitudinais apenas aparecem na fase do diálogo entre aluno e professor. Observa-se que essa unidade não é muito diferente da unidade 1, pois basicamente apresenta o conteúdo conceitual como prioridade, apenas há os conteúdos procedimentais como consequência de serem aplicados para as áreas exatas. O que realmente difere da unidade 1 é ter um único momento com os conteúdos atitudinais, nos quais os alunos podem se expressar na sala de aula. Com essa unidade se pretende que os alunos saibam fazer as frações, análises sintáticas, resolver problemas de velocidades utilizando as fórmulas correspondentes e principalmente que eles saibam os conceitos envolvidos.

Quadro 3. Unidade 3.

<p>1. Apresentação, por parte do professor ou da professora, de uma situação problemática relacionada a um tema</p> <p>O professor ou a professora desenvolve um tema sobre um fato ou acontecimento, destacando os aspectos problemáticos e os que são desconhecidos para os alunos.</p> <p>Os conteúdos do tema e da situação que se propõe podem ser um conflito social ou histórico, uma diferença na interpretação de determinadas obras literárias ou artística, a comparação entre um conhecimento vulgar de certos fenômenos biológicos e possíveis explicações científicas, etc.</p> <p>2. Diálogo entre professor ou professora e alunos</p> <p>O professor ou a professora estabelece um diálogo com os alunos e entre eles e promove o surgimento de dúvidas, questões e problemas relacionados com o tema.</p> <p>3. Comparação entre diferentes pontos de vista</p> <p>O professor ou a professora facilita diferentes pontos de vista e promove a discussão em grupo.</p> <p>4. Conclusão</p> <p>A partir da discussão do grupo e de suas contribuições, o professor ou a professora estabelece as conclusões.</p> <p>5. Generalização</p> <p>Com as contribuições do grupo e as conclusões obtidas, o professor ou a professora estabelece leis, os modelos interpretativos ou os princípios que se deduzem deles.</p> <p>6. Exercícios de memorização</p> <p>Os meninos e as meninas, individualmente, realizam exercícios de memorização que lhes permitam lembrar os resultados das conclusões e da generalização.</p> <p>7. Prova ou exame</p> <p>Na classe, todos os alunos respondem às perguntas e fazem os exercícios do exame durante uma hora.</p> <p>8. Avaliação</p> <p>O professor ou a professora comunica aos alunos os resultados obtidos.</p>
--

Fonte: Zabala, 1998, p. 57.

Na unidade 3, observa-se que os conteúdos são centrados nos conceituais, mesmo sendo utilizados os conteúdos procedimentais e atitudinais, estes não são objetos de estudo, assim não há uma intenção educativa, tão pouco são objeto de avaliação. Então, a aprendizagem se baseia em os alunos saberem sobre os temas históricos, sociais, literários, científicos, etc.

Quadro 4. Unidade 4.

<p>1. Apresentação por parte do professor ou da professora de uma situação problemática com um tema</p> <p>O professor ou a professora desenvolve um tema em torno de um fato ou acontecimento, destacando os aspectos problemáticos e os que são desconhecidos para os alunos.</p> <p>Como na unidade anterior, os conteúdos do tema e da situação que se coloca podem ir desde um conflito social ou histórico, diferenças na interpretação de certas obras literárias ou artísticas, até o contraste entre um conhecimento vulgar de determinados fenômenos biológicos e possíveis explicações científicas.</p> <p>2. Proposição de problemas ou questões</p> <p>Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor ou a professora, expõem as respostas intuitivas ou suposições sobre cada um dos problemas e situações propostos.</p> <p>3. Proposta das fontes de informação</p> <p>Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor ou a professora, propõem as fontes de informação mais apropriadas para cada uma das questões: o próprio professor, uma pesquisa bibliográfica, uma experiência, uma observação, uma entrevista, um trabalho de campo.</p> <p>4. Busca da informação</p> <p>Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor ou a professora, realizam a coleta dos dados que as diferentes fontes lhes proporcionaram. A seguir selecionam e classificam estes dados.</p> <p>5. Elaboração das conclusões</p> <p>Os alunos, coletiva e/ou individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor ou a professora, elaboram as conclusões que se referem as questões e aos problemas propostos.</p> <p>6. Generalização das conclusão e síntese</p> <p>Com as contribuições do grupo e as conclusões obtidas, o professor ou a professora estabelece as leis, os modelos e os princípios que se deduzem do trabalho realizado.</p> <p>7. Exercícios de memorização</p> <p>Os meninos e meninas, individualmente, realizam exercícios de memorização que lhes permitam lembrar dos resultados das conclusões, da generalização e da síntese.</p>
--

8. Prova ou exame

Na classe, todos os alunos respondem às perguntas e fazem os exercícios do exame durante uma hora.

9. Avaliação

A partir das observações que o professor fez ao longo da unidade e a partir do resultado da prova, este comunica aos alunos a avaliação das aprendizagens realizadas.

Fonte: Zabala, 1998, p. 58.

Na unidade 4, observa-se que praticamente todas as atividades da sequência trabalham com os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Assim, quem controla o ritmo das aulas são os próprios alunos, que utilizam técnicas e habilidades como: diálogo, debate, pesquisa bibliográfica, trabalhos em pequenos grupos, entrevistas, etc. Além de aprenderem determinadas maneiras de ser, como: tolerantes, respeitosos, cooperativos, etc. (ZABALA, 1998). Essa sequência tem uma grande diferença na forma da sua avaliação, comparadas com as outras. A avaliação não é só uma prova, mas sim a classificação e o resultado das observações feitas ao longo de toda a sequência. Com isso, os alunos além de saberem os conteúdos e saberem fazer os questionários, as investigações, etc., também serão mais tolerantes, cooperativos, organizados, etc.

Através da tipologia de conteúdo se pode refletir qual é a função do ensino. Nas três primeiras unidades são encontradas diferentes formas de ensinar, mas não deixa de ser um modelo tradicional de formação centrada nos conteúdos convencionais, isto é, os conteúdos conceituais. Por outro lado, a unidade 4, que conta com um método de avaliação diferenciado, no qual a avaliação contempla os conteúdos procedimentais e atitudinais como conteúdo de aprendizagem, os objetivos do ensino tem uma formação mais integral.

Essas sequências apresentadas são atualmente utilizadas por professores em sala de aula, de modo que possibilitam refletir sobre as suas concepções de ensino, Zabala (1998) diz que:

[...] se partíssemos do pressuposto de que estes professores sempre utilizam a mesma forma de ensinar, poderíamos estar mais ou menos de acordo com cada um deles, segundo o sentido do papel que nós atribuímos ao ensino. Agora, se nossa concepção perseguisse a formação integral do aluno, só poderíamos nos inclinar para a unidade 4, já que é o único caso em que se trabalham explicitamente as diferentes capacidades da pessoa (ZABALA, 1998, p. 62).

Além da análise sobre os conteúdos que cada unidade quer trabalhar, também é interessante saber se a sequência didática serve para alcançar os objetivos previstos, ou seja, se essa sequência promove a aprendizagem. Com isso, Zabala utiliza um referencial para analisar esse critério: a atenção à diversidade e a concepção construtivista.

Com esses critérios, Zabala (1998) faz duas perguntas sobre como se pode extrair do conhecimento a forma de produção da aprendizagem: Qual a potencialidade das sequências em favorecer um maior grau de significância da aprendizagem? Qual a sua capacidade para favorecer que os professores prestem atenção à diversidade?”

[..] a aprendizagem é uma construção pessoal que cada menino e cada menina realizam graças à ajuda que recebem de outros grupos. Esta construção, através da qual podem atribuir significado a um determinado objeto de ensino, implica a contribuição por parte da pessoa que aprende, de seu interesse e disponibilidade, de seus conhecimentos prévios e de sua experiência. Em tudo isto desempenha um papel essencial a pessoa especializada, que ajuda a detectar um conflito inicial entre o que já se conhece e o que se deve saber, que contribui para que o aluno se sinta capaz e com vontade de resolvê-lo, que propõe o novo conteúdo como um desafio interessante, cuja resolução terá alguma utilidade, que intervém de forma adequada nos progressos e nas dificuldades que o aluno manifesta, apoiando-o e prevendo, ao mesmo tempo, a atuação autônoma do aluno. É um processo que não só contribui para que o aluno aprenda certos conteúdos, mas também faz com que aprenda a aprender e que aprenda que pode aprender. Sua repercussão não se limita ao que o aluno sabe, igualmente influi no que sabe fazer e na imagem que tem de si mesmo (ZABALA, 1998, p. 63).

Para facilitar que o professor acrescente, modifique ou reforce alguma atividade na sequência didática, precisa-se que se questione essas atividades, principalmente para que essa sequência chegue aos objetivos reconhecidos. Assim, Zabala (1998) propõem essas questionamentos:

- a) Na sequência didática existem atividades que nos permitem determinar os *conhecimentos prévios* que cada aluno tem em relação aos novos conteúdos de aprendizagem?
- b) Na sequência didática existem atividades cujos conteúdos são propostos de forma que sejam *significativos e funcionais* para os alunos?
- c) Na sequência didática existem atividades que possamos inferir que são adequadas ao *nível de desenvolvimento* de cada aluno?
- d) Na sequência didática existem atividades que representem um desafio alcançável para o aluno, quer dizer, que levam em conta suas competências atuais e as façam avançar com a ajuda necessária, portanto, que *permitam criar zonas de desenvolvimentos proximal* e intervir?
- e) Na sequência didática existem atividades que provoquem um *conflito cognitivo* e promovam a *atividade* mental do aluno, necessária para que estabeleça relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios?
- f) Na sequência didática existem atividades que promovam uma *atitude favorável*, quer dizer, que sejam motivadoras em relação a aprendizagem dos novos conteúdos?
- g) Na sequência didática existem atividades que estimulem a *auto-estima* e o *autoconceito* em relação as aprendizagens que se propõem, quer dizer, que o aluno possa sentir que em certo graus aprendeu, que seu esforço valeu a pena?
- h) Na sequência didática existem atividades que ajudem o aluno a adquirir habilidades relacionadas com o *aprender a aprender*, que lhe permitam ser cada vez mais autônomo em suas aprendizagens? (ZABALA, 1998, p. 63-4)

A influência do construtivismo com a explicação segundo a tipologia, fornece uma análise das sequências (ZABALA, 1998). Com essa análise pode-se examinar os diferentes conteúdos e chegar a uma conclusão do que se deve modificar, ampliar ou simplesmente insistir na sequência.

Assim, não se pode deixar de lado que uma sequência didática está inserida em um contexto social, o qual deve ser identificado. Ela deve abordar as relações interativas, as organização sociais, entre outras, envolvidas nesse contexto. Quando se elabora uma sequência o conjunto das atividades favorece uma reflexão do professor para a sua adaptação ou modificação.

2.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Nas perspectivas educacionais, utilizou-se como embasamento teórico o livro “A Prática Educativa: como ensinar” do autor Antoni Zabala. Zabala (1998) traz elementos que são importantes para refletir sobre como propor as atividades numa sequência didática, de modo que esses elementos podem ser aplicados em qualquer disciplina, como o trabalho está focado no ensino da TRR, uma segunda revisão bibliográfica foi feita, mas buscando trabalhos focando a abordagem da TRR no EM (KARAN, 2005; OLIVEIRA, 2013; RODRIGUES, 2001; WOLFF, 2005).

Com as ideias que Zabala propõe, foi desenvolvida a sequência didática sobre TRR, no intuito de criar uma metodologia que os professores do Ensino Médio (EM) possam utilizar em sala de aula (apêndice A). A sequência é constituída de sete etapas.

Etapa 1: Essa etapa é dedicada ao levantamento dos conhecimentos prévios que os alunos já possuem sobre o tema. Em qualquer proposta didática, é essencial que o professor faça primeiramente este levantamento, pois é neste momento que o professor saberá quais são os conhecimentos que os alunos têm sobre o assunto que irá ser trabalhado. Nesta sequência, o professor levantará esses conhecimentos, primeiramente, através de questionamentos: Conhecem um cientista chamado Albert Einstein? Qual a contribuição dele para a ciência? E para a sociedade? Já ouviram falar sobre a Relatividade? O que sabem sobre isso? Já ouviram falar sobre a viagem no tempo? Como isso pode acontecer? E sobre irmão gêmeos com idades diferentes? E sobre objetos, por exemplo um carro, se tornarem menores do que são?

Depois destes questionamentos, outra atividade para o levantamento dos conhecimentos prévios será feita através de uma proposta de leitura, no qual deverá ser realizada em grupo. A atividade consiste na leitura de um texto (p. 82). A leitura pode ser coletiva, em grupo ou individual, o professor que irá decidir. O texto consiste em um artigo de jornal (fictício) que relata sobre os irmãos gêmeos encontrados nos EUA com 8 anos de diferença entre as idades. Neste texto, é discutida uma possível explicação biológica por parte de Adam, já para Sheldon, a explicação seria através da Física.

O importante é o professor não dar nenhuma informação a mais do que está contido no texto. Além da leitura do texto, haverá três perguntas para os alunos responderem, primeiramente em grupo e, posteriormente, cada grupo expressará as suas respostas para a sala toda. É um momento que, provavelmente surgirão dúvidas, o que motivará os alunos a buscarem as respostas. São os alunos que devem manifestar suas dúvidas, assim contribuindo com a articulação de toda a intervenção pedagógica.

Outro ponto importante, é que todos os alunos participem, principalmente, nas exposições das respostas, pois é fácil cair na ilusão de acreditar que as respostas que partiram de alguns alunos correspondem aos conhecimentos de todos. Por isso, o professor deve incentivar todos os alunos a participar, não só nesta etapa, mas ao longo de toda a sequência, pois permite que o professor adeque a sequência a partir das necessidades dos alunos.

Para finalizar a aula, o professor deixa claro que a situação do texto não se trata dos irmãos perceberem a passagem do tempo de modo diferente, mas que eles viveram quantidades de tempo diferentes no Universo. O professor apresenta as duas explicações apresentada no texto e discute com os alunos qual seria mais adequada. No final, deixa uma pergunta para os alunos refletirem: “Por que problemas como o tempo ser diferente para duas ou mais pessoas causam uma confusão?”. E salienta que nas próximas aulas será trabalhado o tema da Teoria da Relatividade Restrita.

Etapa 2: Esta etapa será destinada à apresentação dos fatos históricos, que contextualizam os postulados de Einstein. Para que o professor tenha domínio nestes fatos históricos, foi sugerido a leitura/estudo do artigo “O princípio da relatividade – de Galileu a Einstein” do autor Wladimir Seixas. O autor contextualiza as formulações teóricas da Mecânica e do Eletromagnetismo até chegar a Teoria da Relatividade Restrita. É sugerido que este artigo seja trabalhado junto com os alunos, para isso, o professor deverá fornecer o artigo para cada grupo, na qual irá ler juntos com os alunos e explicando os fatos do artigo. O professor deve ficar atento com as dúvidas dos alunos, pois é essencial o professor saciar todas essas dúvidas.

Etapa 3: Esta etapa consiste na apresentação dos conceitos de simultaneidade, dilatação do tempo e fator de Lorentz. Sugere-se que o professor comece explicando o conceito de simultaneidade. É interessante o professor, apresente exemplos que ajudarão o conceito a ficar mais claro para os alunos. Além disso, o professor deve deixar os alunos expressarem suas dúvidas e seus pontos de vista, ou seja, a todo o momento deve ter a participação dos alunos, mas é essencial que cada um respeite a vez de fala do outro.

Depois da explicação da simultaneidade, sugere-se que o professor explique a dilatação do tempo e o fator de Lorentz. Junto com essa explicação terá uma proposta de atividade, a qual será feita em grupo. Essa atividade terá como foco o fator de Lorentz, logo o professor explicará o que é o fator de Lorentz e qual a sua interferência na equação da dilatação do tempo. Nesse momento o professor apresenta a equação bem claramente, deve fazer com que todos os alunos compreendam a equação, para então poder prosseguir a atividade.

A questão sugerida para os alunos, em grupo, resolverem é: Imagine que estamos na Terra observando uma nave que está passando próxima de nós. Queremos fazer uma comparação entre o relógio da nave e da Terra, ou seja, queremos saber qual será a dilatação do tempo entre os dois relógios quando a nave estiver variando sua rapidez. Na tabela, temos a rapidez que a nave está se movimentando em relação a Terra. Através da rapidez, complete o restante da tabela. Como os valores da tabela, faça um gráfico de γ versus a rapidez da nave e responda três questões.

O importante nesta etapa, é o professor estar atento se os alunos estão conseguindo acompanhar o desenvolvimento da atividade, principalmente, dando apoio para os cálculos e na elaboração do gráfico, pois cada aluno tem sua própria aprendizagem e dificuldade, assim o professor tem o papel de mediador.

Para finalizar, o professor irá fazer breves comentários: que não há nada de diferente com o próprio relógio em movimento, ele simplesmente marca o ritmo de um tempo diferente. Quanto mais rápido um relógio se movimenta, mais lentamente ele parece funcionar quando visto por um observador que não se move junto com ele; as medidas realizadas em uma região do espaço-tempo não precisam concordar com as medições realizadas em outra região do espaço-tempo; e a única medição a qual todos concordam é a rapidez da propagação da luz.

Para que os alunos compreendam e consigam aplicar esses conhecimentos em outras situações, será fornecido uma lista de exercícios sobre simultaneidade e dilatação do

tempo. Dependendo do contexto e do desenvolvimento da atividade, o professor pode modificar a lista.

Etapa 4: Antes de começar a atividade sobre adição de velocidade e paradoxo dos gêmeos, o professor terá que disponibilizar alguns minutos para a correção e explicação dos exercícios da lista de simultaneidade e dilatação do tempo. Neste momento é primordial o professor ficar atento nas aprendizagens e nas dificuldades dos alunos, pois só assim ele saberá qual será a ajuda necessária que cada alunos deve ter.

Depois de saciar todas as dúvidas, o professor explica sobre a adição de velocidade. Demonstrando que quando se está em alta velocidade, ou seja, próximo a velocidade da luz, trabalha-se com a adição de velocidades relativísticas ou transformação relativística de velocidade. É fundamental o professor explicar claramente a equação, além de comentar sobre as viagens espaciais, explicar sobre a relação ano-luz.

Depois disso, o professor irá voltar na atividade 1, mas agora com os conteúdos já explicados e com todos os alunos tendo o conhecimento sobre ele. Sugere-se que o professor não deixe nenhum aluno com dúvida sobre os conceitos já explicados. Os alunos em grupo deverão explicar o porquê dos gêmeos Adam e Sheldon terem idades diferentes. Posteriormente, cada grupo apresentará as suas explicações. Se algum grupo falar algo errado, então o professor deverá apresentar os erros e orientá-los com a resposta correta.

Para que os alunos tenham uma compreensão mais clara do paradoxo de gêmeos, o professor passará o vídeo “Teoria da Relatividade e o Paradoxo dos Gêmeos - Legado” (https://www.youtube.com/watch?v=azt7n_wjdDQ), o vídeo tem duração de 4:08.

Etapa 5: Esta etapa consiste na apresentação do conceito de contração do espaço. Sugere-se que o professor comece a aula explicando o conceito e depois propõe a atividade. No momento da explicação da fórmula, o professor deve fazer com que todos os alunos compreendam a equação, para assim poder prosseguir a atividade.

A atividade sugerida consiste em os grupos responderem um questionamento: Temos uma bola de 20 cm, ela está viajando próxima a velocidade da luz. Complete a tabela com os valores de γ^{-1} (lembrando que γ é o fator de Lorentz) e encontre qual será a contração que a bola sofrerá para cada velocidade. Depois dos cálculos, represente na forma de desenho as bolas correspondentes a cada velocidade. Por fim, reflita sobre a questão: se a bola estivesse na velocidade da luz, qual seria seu comprimento?

O importante nesta etapa é o professor estar atento se os alunos estão conseguindo acompanhar o desenvolvimento da atividade, principalmente dando apoio para os cálculos e na reflexão sobre a questão proposta, pois cada aluno tem sua própria aprendizagem e dificuldade, assim o professor terá o papel de mediador.

Para que os alunos compreendam e consigam aplicar esses conhecimentos em outras situações, será fornecido uma lista de exercícios sobre a contração do espaço. Dependendo do contexto e do desenvolvimento da atividade o professor pode alterar a lista.

Para finalizar, sugere que o professor explique a atividade que será mais um dos métodos avaliativos. Esta atividade deverá ser realizada em dupla, pois o objetivo será que o professor observe a aprendizagem e a dificuldade de cada aluno, só assim saberá se as aulas foram significativas, e, se os alunos estiverem ainda com dúvidas é proposto que modifique a metodologia com o intuito que todos consiga fazer a construção do seu conhecimento. A atividade consiste em cada dupla montar um mapa conceitual sobre a Teoria da Relatividade Restrita. Esses mapas serão apresentados na próxima aula.

Etapa 6: Antes de começar a atividade sobre a energia relativística e as apresentações dos mapas, o professor terá que disponibilizar alguns minutos para a correção e explicação dos exercícios da lista de contração do espaço. Nesse momento é primordial o professor ficar atento nas aprendizagens e nas dificuldades dos alunos, pois só assim ele saberá qual será a ajuda necessária que cada alunos deve ter.

Para a abordagem da energia relativística, o professor cola uma folha no quadro negro com a equação $E = mc^2$ escrita ou escreve a equação na lousa. Em seguida, questiona os alunos sobre o que eles sabem sobre essa equação. Os alunos não precisam saber a teoria ou explicar detalhadamente o conceito, mas eles podem falar o que acham que é essa equação, se eles já a viram em algum lugar, se alguém já mostrou, enfim, os alunos ficam à vontade para se expressarem sobre a equação. Esses comentários serão escritos no quadro negro. Depois que todos os alunos falarem algo, o professor lerá cada uma e explicará, mesmo que os comentários estiverem errados, caberá ao professor explicar o porquê estar errado. Em toda a dinâmica o professor e os alunos deverão se comunicar, só assim o professor saberá ajudá-los com suas dificuldades, além disso, ele deverá instigar a participação de todos.

Depois desta dinâmica o professor deverá explicar o conceito de energia relativística. Como sugestão de leitura, para o professor poder se aprofundar no conceito de energia relativística, recomenda-se que ele leia o artigo da Fernanda Ostermann (2004)

“Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física”, no qual a autora faz uma análise crítica das abordagens desses conceitos em diversas obras.

Depois da apresentação do conceito sobre a energia relativística e dos esclarecimentos das dúvidas, seguem as apresentações dos mapas conceituais. Nestas apresentações o professor deve enfatizar a atenção nas organizações das ideias dos conceitos. Deverá analisar se os alunos colocaram de forma correta os conceitos, a ordem que foram colocados, a apresentação do grupo, as falas dos alunos. Nesta atividade o professor terá a intuição de conhecer quais são os conhecimentos que os alunos tiveram e quais os conhecimentos que ainda precisam ser melhorados, ou seja, será nesse momento que ele saberá se os conceitos foram significativos para cada aluno, se alguns ou todos ainda estão com dúvida. Caso ainda os alunos tenham dúvidas, caberá ao professor saciar essas dúvidas.

Etapa 7: A última etapa da sequência, consiste em os alunos realizarem uma prova, mas a prova é destinada para os alunos que ainda então com dificuldade, esta prova será um desafio que eles devem passar, mas deve ser um desafio alcançável. Para os outros alunos, o professor também pode propor uma prova, mas essa prova não poderá ter o mesmo nível que as outras, pois o professor sempre tem que propor desafios para os alunos, então, não só nesta última etapa mas em todas, as atividades devem ser desafios alcançáveis para todos os alunos.

Em toda a dinâmica da sequência didática proposta, o professor ficará livre em modificá-la, pois em cada contexto social o professor deverá trabalhá-la de uma forma diferenciada. Então, nada mais justo que o professor possa refletir na sua prática pedagógica e disponibilizar condições que façam com que os alunos construam seus conhecimentos de forma ampla.

Essa sequência buscou oferecer de forma equilibrada os conteúdos que foram propostos por Zabala: factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais. Em toda a sequência, são os alunos que controlam o ritmo da aula, isto fica evidente quando os alunos utilizam uma série de técnicas e habilidades como: diálogo, debate, trabalho em pequenos grupos, ler, escrever, calcular, pensar, refletir, etc. Eles também se encontram em uma série de conflitos, que implica em determinada maneira de ser: tolerante, cooperativo, respeitoso, rigoroso, solidário, etc.

Como, na sequência didática proposta, são os alunos que controlam o ritmo, fica evidente que o papel do professor é de mediar as informações. Os conteúdos procedimentais e

atitudinais são trabalhados bem explicitamente na sequência. O fato de aparecer esses dois conteúdos não quer dizer que exista uma consciência educativa, assim não se pode considerá-los como método de aprendizagem. O diferencial desta sequência é ter colocado esses dois conteúdos como sendo primordiais e o fato deles estarem na avaliação. A avaliação proposta nesta sequência vai além de uma mera prova no final, a avaliação acontece em todas as etapas, ou seja, o professor observa os alunos durante toda a sequência. O professor quer que os alunos saibam, além dos conceitos tratados na sequência, fazer os cálculos, analisar um gráfico, refletir sobre o espaço-tempo, investigar as informações, etc., além de querer que os alunos se tornem mais tolerantes, cooperativos, organizados, respeitosos, etc. Como os conteúdos procedimentais e atitudinais são contemplados na avaliação, eles são considerados como um dos objetivos do ensino, assim o professor proporciona uma formação mais integral para os alunos.

3 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DOS DADOS

Depois da criação da sequência, houve um questionamento: Como saber se esta sequência está adequada para a aprendizagem dos alunos no EM? Após diversas reflexões chegou-se a decisão que seria interessante entregá-la para os professores de Física do EM para sua avaliação, pois por meio da mesma pode-se saber se a sequência está adequada, além disso, os professores poderiam fazer apontamentos para possíveis melhorias ou limitações da mesma.

Desta forma, cinco professores foram selecionados para participar da pesquisa, tendo como critério o fato de serem professores de Física do EM atuando no município de Araras-SP. A participação da pesquisa consistiu em três etapas. A primeira etapa foi a uma aplicação de um entrevista (quadro 5), quando ocorreu o primeiro contato da pesquisadora com os professores.

Quadro 5. Questões para o primeiro contato com os professores.

I. QUESTÕES

1. Qual é a sua formação?
2. Quanto tempo leciona a disciplina de Física?
3. Você acha viável a inserção da FMC no EM? Por quê?
4. Você concorda em inserir a TRR no EM? Por quê?
5. Você se considera apto para ministrar conteúdos de FMC para o EM? Por quê?
6. Você aborda atualmente algum conteúdo de FMC em sala?
 - SIM: Quais? Qual a sua metodologia?
 - NÃO: Quais são as limitações?
7. Seus alunos possuem algum tipo de conhecimento sobre FMC?
 - SIM: Onde acha que eles adquiriram?
8. Você acha que seus alunos se interessam pela TRR?
9. Você dispõe de materiais didáticos adequados para ministrar conteúdos na sua sala? Quais? Algum deles contém FMC?
10. Você utiliza livros didáticos? Esses livros abordam tópicos de FMC?
 - SIM: Você acha esses livros adequados?
11. Se você tivesse um material adequado para trabalhar a TRR no EM, você abordaria?

Fonte: adaptado a partir de OLIVEIRA, 2013, p. 53.

Nesse primeiro contato, antes da aplicação da entrevista, foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (apêndice B). Esse termo contém uma explicação sobre a pesquisa, explicando o porquê do professor ser escolhido, quais as etapas que deve-se fazer, além de informações sobre os riscos e benefícios. O objetivo da entrevista foi um primeiro contato com os professores, e, além de adquirir informações a respeito deles. Esta entrevista contém onze perguntas, dentre essas perguntas foi questionado sobre qual a formação do professor, quantos anos leciona a disciplina de Física, se ele acha viável inserir FMC no EM,

se ele aborda esses conceitos na sala de aula, se seus alunos conhecem algum desses conceitos, se os materiais didáticos que os professores utilizam abordam esses conceitos, se são adequados para o EM e o último questionamento foi se ele tivesse um material adequado para abordar TRR no EM, ele o utilizaria.

Com essa entrevista se tem uma ampla informação do professor, assim com essas informações pode-se chegar aos objetivos específicos que essa pesquisa propõe, além de sugerir as concepções de como são os pensamentos dos professores de Física do Ensino Básico a respeito da FMC.

A segunda etapa foi a entrega da sequência (apêndice A) junto com um quadro (Quadro 6) que contém questões norteadoras para orientar os professores a analisar a sequência. Algumas dessas questões são uma adequação das propostas de Neves (2014, p. 95-6) e Zabala (1998, p. 63-4). O professor teve em média uma semana para analisar a sequência.

Quadro 6. Questões para a orientação da análise.

1	A sequência apresenta uma organização clara, coerente e funcional? Comente.
2	A sequência apresenta textos e atividades que colaboram com o debate sobre as repercussões, relações e aplicação do conhecimento científico na sociedade? Fornecendo elementos para compreender as interações da sociedade e refletir sobre o cotidiano? Comente.
3	Os alunos têm a oportunidade de aprofundar seus conhecimentos sobre assuntos científicos e tecnológicos? Comente.
4	A sequência promove a formação de um cidadão do século XXI, capaz de posicionar-se criticamente, ter autonomia de pensamento e capacidade de argumentação diante das contribuições e dos impactos da Ciência e da Tecnologia sobre a vida social? Comente.
5	A sequência apresenta proposta de atividade que estimula a investigação científica (por meio da observação, experimentação, interpretação, comparação, análise, etc.)? Comente.
6	As atividades estimulam a cooperação, criatividade, curiosidade e a imaginação? Essas atividades representam um desafio alcançáveis? Comente.
7	A sequência é motivadora, na qual os alunos sentem que estão conseguindo aprender e que seus esforços valem a pena? Isso ajuda os alunos a serem cada vez mais autônomos em suas aprendizagens? Comente.
8	A sequência apresenta a evolução histórica dos conceitos, citando os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados? Isso faz os alunos pensarem na Ciência como uma campo de construção de conhecimento? Comente.
9	A sequência tem atividade que permite determinar os conhecimentos prévios dos alunos, assim dando a orientação ao professor para desenvolver a dinâmica da aula a partir desses conhecimentos? Comente.
10	A sequência incentiva os professores e alunos a buscar textos e informações fora dos limites da própria sequência? Comente.
11	A sequência estimula o professor a continuar investindo em sua própria aprendizagem, com isso ampliando os seus conhecimentos? Comente.

12	A sequência apresenta ao professor uma orientação para o uso da mesma?
13	As propostas de avaliação condizem com os pressupostos que norteiam as atividades?

Fonte: adaptado a partir de ZABALA, 1998, p. 63-4 e NEVES, 2014, p. 95-6.

Essas questões são uma adaptação do trabalho de Neves (2014, p. 95-6), no qual esse autor analisa livros didáticos de Física e uma adaptação a partir das questões de Zabala (1998, p. 63-4) sobre como é possível realizar uma análise da prática educativa, ou seja, analisar as atividades que contém na sequência. Além disso, há perguntas que estão vinculadas no que os Currículos Educacionais Brasileiros propõem para o ensino de Física no EM. Por exemplo, na questão 4, foi feita uma adaptação dos currículos, que preza para que os alunos desenvolvam um pensamento crítico, argumentação, além de conhecerem seu cotidiano; na questão 6 foi uma adaptação do Zabala, que traz elementos que justificam que é importante o aluno ter essa comunicação com o grupo, com a sala (conceitos atitudinais), além de instigar a imaginação e a curiosidade.

Para finalizar, tem-se a etapa 3, que foi o recolhimento da sequência analisada e as respostas das questões norteadoras. Essa etapa teve como objetivo proporcionar um levantamento de mais informações a respeito da análise. Então, além do professor anotar suas opiniões na própria sequência e responder as questões, foram gravadas as respostas dessas perguntas norteadoras, pois assim o professor poderia acrescentar mais informações a respeito da sua análise, contribuindo para chegar a um dos objetivos gerais dessa pesquisa. Nessa etapa, um dos professores não entregou a sua análise, assim foi recolhido só a análise dos outros quatro professores.

A presente pesquisa possui a metodologia qualitativa. Esse tipo de pesquisa tem como característica entender um fenômeno social. Diferente da abordagem quantitativa, que trabalha com instrumentos estatísticos e numéricos (RICHARDSON *et al.*, 2012) a pesquisa qualitativa é um pesquisa exploratória, que estimula o entrevistado a expressar livremente suas opiniões sobre um determinado objeto ou conceito.

4 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DA ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo serão abordado os conceitos da Análise de Conteúdo de Bardin (1977), e, posteriormente, a discussão das análises das transcrições das entrevistas dos professores de Física do EM.

4.1 ANÁLISE DE CONTEÚDO

A metodologia de análise dos dados nessa pesquisa foi desenvolvida a partir da técnica da Análise de Conteúdo. Bardin (1977, p. 31) define a análise de conteúdo como “um conjunto de técnica de análise das comunicações”, no qual conduz descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, que segundo Moraes (1999, p. 9) “ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum”. Assim, as técnicas de análise de conteúdo são adaptáveis a um campo de aplicação muito vasto, sendo utilizadas em documentos verbais ou não-verbais, como jornais, informantes, relatos, livros, cartazes, cartas, entrevista, diários pessoais, vídeos, fotografias, etc (MORAES, 1999).

Segundo as ideias destes autores, os dados adquiridos em diferentes fontes chegam ao investigador no estado bruto. Eles precisam ser codificados, ou seja, precisam ser separados e arrumados para facilitar o trabalho do investigador na compreensão, interpretação e inferência (MORAES, 1999). A análise de conteúdo é uma interpretação pessoal do investigador, são as interpretações que ele desenvolve em relação as percepções dos dados, com a contribuição das teorias estudadas.

Além da interpretação de textos, precisa-se levar em consideração também o contexto, pois segundo Moraes (1999, p. 10) “a mensagem da comunicação é simbólica”. Os dados estão expressos diretamente no texto, mas o contexto precisa ao longo da análise, ser reconstruído pelo investigador. Como o próprio Moraes (1999, p. 10) diz “não existem limites lógicos para delimitar o contexto da análise. Isto vai depender do pesquisador, da disciplina e dos objetivos propostos para a investigação, além da natureza dos materiais sob análise”.

Ressalta-se que no trabalho de pesquisa que foi realizado, tais limites ou parâmetros foram baseados na literatura que suporta as hipóteses, objetivos e desenvolvimentos metodológicos realizados.

A análise de conteúdo pode adquirir duas abordagens: quantitativa ou qualitativa. A abordagem quantitativa, segundo Bardin (1977, p. 115) “obtem dados descritivos através de um método estatístico”, ou seja, computa a frequência com que determinada característica repete no texto. Já a abordagem qualitativa, segundo Bardin (1977, p. 115) corresponde “a um procedimento mais intuitivo, mas também mais maleável e mais adaptável”. Nessa abordagem, as bagagens teóricas, os conhecimentos que o investigador adquiriu ao longo do processo sobre um determinado tema, irão influenciá-lo na análise. Isso acontece, porque a análise de conteúdo trabalha com uma interpretação da mensagem, assim cada investigador terá sua própria interpretação. Mas essa variação de interpretação dos investigadores devem estar em função dos seus objetivos, ou seja, são os objetivos e as hipóteses que norteiam para chegar ao resultado.

Em seu desenvolvimento a técnica da análise de conteúdo é composta por três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados e interpretação (BARDIN, 1977).

1) Pré-análise

Bardin (1977, p. 95) define a pré-análise como uma “fase de organização propriamente dita”. Para os dados brutos serem analisados eles precisam ser primeiramente preparados, ou seja, eles precisam ser codificados de modo a fazer sentido para a questão de pesquisa, aos objetivos e as hipóteses para posteriormente serem submetidas à análise de conteúdo. Essa preparação, como descreve Moraes (1999, p. 14) consiste em “identificar as diferentes amostras de informação a serem analisadas”. Essa identificação consiste em fazer uma primeira leitura de todos os materiais e selecionar quais estão efetivamente de acordo com os objetivos da pesquisa. A seleção dos materiais deve obedecer a critérios de escolha, assim constituir por exemplo: de um mesmo tema, ser obtidos por técnicas idênticas, serem adquiridos por indivíduos semelhantes ou lugares, forma, entre outros (BARDIN, 1977). Nesses primeiros contatos com os materiais, podemos criar além do que já temos, novas hipóteses e objetivos, que ao longo da análise serão verificados. Como exemplo, nesta pesquisa a obtenção das informações e os dados ocorreu do mesmo modo para todos os professores, por meio de entrevista e análise da sequência, além de todos ministrarem aulas de Física para o EM no município de Araras.

2) Exploração do material

Esta etapa, como comenta Bardin (1977, p. 101) “consiste essencialmente de operações de codificação, desconto ou enumeração, em função de regras previamente formuladas”. A codificação corresponde à uma transformação dos dados brutos em dados organizados. Para fazer a organização da codificação, deve-se passar por três fases: o recorte, a enumeração e a classificação (BARDIN, 1977).

O **recorte** consiste na escolha das unidades, na qual deve-se reler os materiais cuidadosamente para definir a *unidade de análise*, que também é chamada de *unidade de registro*. Moraes (1999, p. 14) comenta que a unidade de registro “é o elemento unitário de conteúdo a ser submetido posteriormente à classificação”. Na análise de conteúdo, os materiais devem passar pelo elemento de *classificação*, ou chamado de *categorização*. Essas unidades de análise podem ser palavras, frases, temas, entre outros. Nesta pesquisa as unidades de análise foram as perguntas tanto da etapa 1 quanto da etapa 3.

No momento da definição da unidade de análise o investigador estará fazendo a codificação do material. No processo de codificação dos materiais, **códigos** podem ser estabelecidos. Esses códigos, como Moraes (1999, p. 14) afirma são para “identificar rapidamente cada elemento da amostra”, eles podem ser no formato de números, letras, símbolos, ou qualquer código que o investigador consiga interpretar. Nesta pesquisa os códigos são os números respectivos das perguntas tanto da etapa 1, quanto da etapa 3.

Depois da codificação dos dados nas unidades de análise, o investigador poderá trabalhar com a **categorização**. Segundo Bardin (1977, p. 119) o objetivo da categorização é “fornecer, por condensação, uma representação simplificada dos dados brutos”. Assim, segundo Moraes (1999):

A categorização é um procedimento de agrupar dados considerando a parte comum existente entre eles. Classifica-se por semelhança ou analogia, segundo critérios previamente estabelecidos ou definidos no processo. Estes critérios podem ser semânticos, originando categorias temáticas. Podem ser sintáticos definindo-se categorias a partir de verbos, adjetivos, substantivos, etc. As categorias podem ainda ser constituídas a partir de critérios léxicos, com ênfase nas palavras e seus sentidos ou podem ser fundadas em critérios expressivos focalizando em problemas de linguagem (MORAES, 1999, p. 8).

As classificações das unidades em categorias são operações que devem ser seguidas pelas definições do problema de pesquisa e dos objetivos, só assim os significados

podem ser extraídos, e as mensagens por trás desses dados ser esclarecida. Mas como podemos saber se as categorias que foram criadas são adequadas? Devemos seguir alguns critérios?

Na análise de conteúdo, a etapa de categorização é uma etapa de criatividade, essas categorias devem obedecer a alguns critérios: devem ser *pertinentes* ou adequadas, devem ser úteis, estar na mesma linha do que o trabalho propõe, dos objetivos, da fundamentação teórica, do problema de pesquisa; devem ser *homogêneas*, o que segundo Moraes (1999, p. 16) “deve ser fundamentada em um único princípio ou critério de classificação”; deve ter *exclusão mútua*, os elementos das unidades de análise não podem ser classificados em mais de uma categoria; deve ter *objetividade e fidelidade*, ou seja, essas categorias devem ser objetivas e claras e, por fim, deve haver *produtividade*, ou seja, os resultados fornecidos devem ser férteis em índices de inferências, em hipóteses novas e em dados exatos (BARDIN, 1997).

Esses critérios de categorização são importantes para a classificações de dados, reagrupando-os em categorias semelhantes. Quando fala-se de uma análise qualitativa, é preciso destacar que a construção das categorias ocorrem ao longo de todo o processo de análise (MORAES,1999). Nesta pesquisa, como exemplo, têm categorias: Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio; o currículo do Estado de São Paulo e a potencialidades e limitações da sequência didática proposta para a Teoria da Relatividade Restrita. Essas categorias são criadas a partir das unidade de análise, sempre buscando chegar aos objetivos e questões de pesquisa.

3) Tratamento dos resultados obtidos e interpretações

Depois da categorização da unidades de análise, chega-se à última etapa da análise de conteúdo, o tratamento dos dados e suas interpretações. Antes das interpretações dos resultados, deve-se primeiro fazer uma descrição dos mesmos. Para cada tipo de abordagem, seja quantitativa ou qualitativa, a descrição será diferente.

Em pesquisas quantitativas as descrições são feitas na organização de tabelas, quadros, gráficos, os quais apresentam as categorias, nesta abordagem os investigadores fazem a computação das frequências e percentuais das categorias. Por outro lado, na abordagem qualitativa as descrições das categorias é um processo muito importante por sintetizar os objetivos e as interpretações dos dados. Com isso, a cada categoria deve-se realizar uma descrição, por meio de um texto síntese. Esse texto expressa um conjunto de significados da categoria e da unidade de análise que foi classificada na mesma. O momento da descrição é

aquele no qual o investigador expressa todos os significados das categorias e das mensagens analisadas (MORAES, 1999).

Depois de descrever, o investigador deve interpretar os dados e se aprofundar nas mensagens, deve-se procurar uma compreensão dos significados dos resultados obtidos, podendo isso ser através de fundamentação teórica. Essa última etapa na análise de conteúdo é sem dúvida imprescindível, quando falamos na abordagem qualitativa.

Por exemplo, no trabalho de pesquisa qualitativa desenvolvido, as descrições das categorias dizem respeito à busca da interpretação da questão de pesquisa inicial, sobre a potencialidade da sequência didática desenvolvida. Então, primeiramente será desenvolvido um texto síntese, o qual traz elementos teóricos sobre a abordagem de cada categoria, depois serão apresentados os dados, que nesse caso serão as falas dos professores, e, para finalizar se busca desenvolver uma interpretação, abordando a discussão e o significado de cada categoria, baseados na interpretação possível por meio das leituras e hipóteses da pesquisadora. Por isso, segundo Moraes (1999, p. 11) é preciso “compreender sua história, entender os tipos de materiais que possibilita analisar, estando ao mesmo tempo consciente das múltiplas interpretações que uma mensagem sempre possibilita”.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

Nesta pesquisa, os dados foram recolhidos a partir das entrevistas respondidas por cinco professores que ministram aula de Física no EM, sendo três professores formados em Licenciatura em Física, um em Ciências com habilitação em Matemática e um em Matemática. Quanto ao tempo de magistério, houve diferenças significativas, pois o professor que está há mais tempo em atividade possui 20 anos de docência, já o professor com menor tempo possui 7 anos de docência, além desses professores atuarem nas três séries do EM.

Os dados utilizados nessa pesquisa foram constituídos a partir das transcrições das entrevistas da etapa 1 e da etapa 3, as quais foram separadas por etapa e organizadas por professor e por questão (apêndice C). Primeiramente, foi realizada uma primeira leitura das entrevistas para levantamento de hipóteses. Com isso, têm-se como hipóteses: mesmo os professores tendo concordado que é importante inserir a FMC no EM, eles não abordam esses conteúdos nas suas aulas; alguns professores do ensino básico podem não estar preparados para

ministrar os conteúdos de FMC em sala de aula; professores ficam muito presos na apostila do Estado de São Paulo, isso pode acontecer por conta dos conteúdos estarem presentes no ENEM, SARESP; falta de tempo para abordar todos os conteúdos do currículo, ainda mais tendo duas aulas de Física por semana.

Diante desta primeira leitura para a elaboração de hipóteses, pode-se desenvolver o trabalho de categorização, que levou em conta os elementos encontrados nas entrevistas que diziam respeito a: Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, o currículo do Estado de São Paulo e as potencialidades e limitações da sequência didática proposta para a Teoria da Relatividade Restrita.

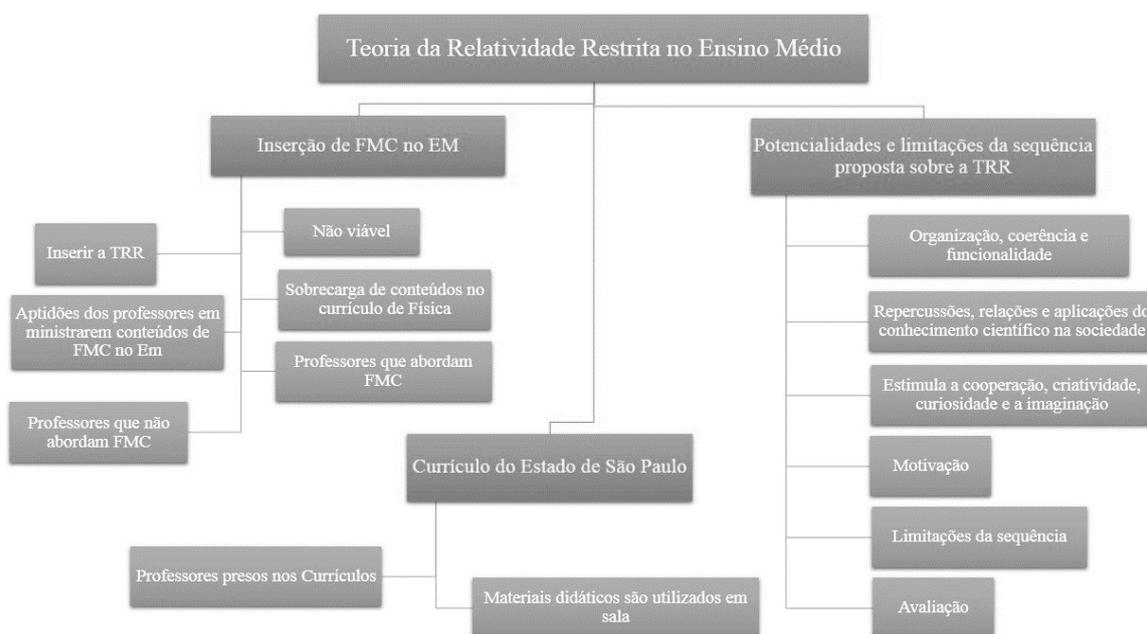


Figura 8. Fluxograma sobre as categorias e as subcategorias.

4.2.1 Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

No levantamento bibliográfico feito para essa pesquisa, percebe-se que muitos autores (ALVETTI, 1999; GUERRA, BRAGA, REIS, 2007; OLIVEIRA, 2013; OSTERMANN, FERREIRA, CAVALCANTI, 1998; OSTERMANN, 1999; OSTERMANN e MOREIRA, 2001; RODRIGUES, 2011; SANCHES, 2006; SOUZA, 2009; TERRAZZAN, 1992 e 1994) justificam a importância da inserção de tópicos de FMC no EM. Mesmo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB 9394-96 no primeiro tópico do parágrafo 1º do artigo 36 afirma que, o educando quando finalizado o EM, deve demonstrar “domínio dos princípios

científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna”. O PCN+ também afirma que os alunos do EM devem ter a percepção que a compreensão do conhecimento científico e tecnológico vem através de uma construção humana, com isso, em cada época esses conhecimentos vão se transformando conforme as necessidades da sociedade.

Questionando os professores sobre as suas opiniões de inserir FMC no EM, todos os professores concordam em inserir FMC no EM, entretanto, há aqueles que interpretaram como viável e outros como não viável. Dentre os cinco professores entrevistados, quatro afirmam que é viável a inserção de FMC no EM.

P1: Sim, eu acho. Um tema muito interessante e que é muito discutido na TV. E os alunos.... nós (professores) precisamos levar isso para a sala de aula.

P2: acho, porque acho que vai ampliar o conhecimento do aluno, principalmente nessa parte que envolve muita da ciência da tecnologia de hoje.

P4: eu acho que sim, porque tem muita coisa da nossa tecnologia que depende da FM. Então você pega o LCD, TV de plasma, GPS, tanto é que seu tema o GPS usa muito da TRR também. Então dá, porque dá para contextualizar também.

P5: lógico... sim muito viável. Porque é o que está na realidade, o que aparece ai né... o aluno é curioso, ele quer saber né, então a gente tem que estar sempre trazendo a realidade dele, para ele estar dentro do contexto da sociedade.

Como uma subcategoria da anterior, encontra-se ainda que apenas um professor, mesmo afirmando ser importante inserir a FMC no EM, afirma que não seria viável, pois os alunos que estão inseridos no ensino atualmente não seria relevante inserir esses tópicos.

P3: Acho que sim, mas com os alunos que nós temos hoje inseridos na escola, eu não sei se é muito viável para isso.

Percebe-se que na concepção desse professor P3, os alunos que estão inseridos no sistema educacional atualmente não vão se interessar pelos tópicos de FMC, eles não irão conseguir entender esses conteúdos, além de serem alunos desmotivados e desinteressados. Com esses argumentos pode-se pensar: será que os alunos se interessam no ensino da Mecânica? E da Termodinâmica? A da eletricidade? Afirmar que não é viável inserir os conteúdos de FMC no EM por conta dos alunos, não seria um argumento relevante, pois há muitos conteúdos abordados em sala de aula que não são interessantes para eles e mesmo assim são abordados.

Ainda neste contexto, o interesse e a motivação estão relacionados em como os conteúdos estão sendo apresentados para os alunos, quais as metodologias que estão sendo utilizadas em sala de aula, quais são as atividades propostas para essa aprendizagem, entre outros elementos. Zabala (1998, p. 15) aponta que “os próprios efeitos educativos dependem da interação complexa de todos os fatores que se inter-relacionam nas situações de ensino: tipo de

atividade metodológica, aspectos materiais da situação, estilo do professor, relações sociais, conteúdos culturais, etc.”.

Assim, o fator que irá determinar se o aluno aprendeu ou não, será uma análise da própria prática educativa que o professor realiza. Zabala (1998, p. 29) afirma que “é preciso insistir que tudo quanto fazemos em aula, por menor que seja, incide em maior ou menor grau na formação de nossos alunos. A maneira de organizar a aula, o tipo de incentivo, as expectativas que depositamos, os materiais que utilizamos, cada uma destas decisões veicula determinadas experiências educativas”. Desta forma, problematiza-se este posicionamento do professor ao propor estas dificuldades para o ensino de FMC.

Os alunos são capazes de aprender FMC desde que os professores estejam adequadamente preparados e se bons materiais instrucionais estiverem disponíveis. Atendidas essas condições, os jovens podem ter uma escolarização de nível médio em Física atualizada e mais coerente com o pleno exercício da cidadania na sociedade contemporânea (OSTERMANN, 1999, p. 154-5)

Como uma segunda subcategoria, se tem os professores que concordam em inserir a TRR no EM, alguns que afirmaram anteriormente que é importante inserir a FMC no EM, agora afirmam que talvez esse tópico específico não seria tão relevante, e houve um professor que afirmou não ter conhecimento desse tópico, assim não sabia responder.

P2: depende. Vai depender da sala de aula [...] do contexto da sala. Se a sala vai ... responder a esse conteúdo. Se responder, ai a gente insere a restrita, se não uma geral da FM.

P3: não é que não seja necessário, eu acho que com os alunos que nós temos hoje, não são todos que estão interessados em querer aprender esse conteúdo.

Esses dois professores afirmaram que inserir os conceitos da TRR vai depender do contexto da sala, dos interesses dos alunos em responder ou não a esse conteúdo. Essas concepções estão ligadas ao que já foi discutido antes, o professor não pode argumentar que o que vai trabalhar em sala de aula são as demandas dos alunos, isso seria o ideal, mas em uma análise detalhada, aponta que essas concepções estão interligadas com o que o currículo do Estado de São Paulo traz. Como a TRR não está inserida neste currículo, então nas suas falas percebe-se que se for uma demanda dos alunos, esses conteúdos seriam inseridos em sala de aula ao contrário, não serão abordados.

Não é possível observar isto para os conteúdos que já estão no currículo, não vemos professores preocupados com as demandas dos alunos sobre movimento uniforme, leis de Newton, torque, estática, entre outros. Os alunos não são questionados se estão interessados ou estão motivados em aprender esses conteúdos, os professores simplesmente abordam. Isso

acontece, principalmente devido às demandas dos currículos, as quais os professores são vinculados a trabalharem em sala de aula, o que inibe a autonomia de professores e alunos para a construção de currículos próprios.

Se os alunos tiverem dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de FMC, isso não seria diferente com os conteúdos enfrentados na FC (OSTERMANN; MOREIRA, 2001). Ostermann e Morreira (2001, p. 146-7) afirmam que “deve-se buscar supri-los de alguma forma. A inserção de tópicos tão atuais nas escolas com material previamente preparado pode resgatar, em certo sentido, a auto-estima de muitos alunos nas escolas onde, sem dúvida, a Física já perdeu muito de seu encanto”.

P1 foi o único professor que afirmou que a FMC deve ser inserida no EM e que os conceitos da TRR devem com certeza ser trabalhos em sala de aula, mas especifica que a TRR deve ser inserida com cuidado para os alunos conseguirem acompanhar, como se os outros conteúdos de Física também não demandassem tanto atenção e cuidado.

P1: Olha, como a FM já é um assunto muito... que nem todos os professores trabalham, eu acho que a gente deve sim inserir. Como posso explicar... mas uma coisa de cada vez, para eles (alunos) não se perderem muito e ... em todo o assunto e ir passo e passo com eles, ir devagar... ir devagar, inserindo sim, não deve deixar de trabalhar.

Uma terceira subcategoria sobre a inserção de FMC no ensino diz respeito à sobrecarga de conteúdos curriculares de Física, de modo que o professor P4 questiona que se inserir a TRR, vai ser mais um conteúdo no currículo, assim a disciplina de Física ficará sobrecarregada com tantos conteúdos.

P4: talvez, pela já quantidade de conteúdo que tenha, porque já tem muito conteúdo e já não dá tempo de por. Esse conteúdo já está fora do currículo (SP) e se colocar mais um conteúdo ainda ... vai juntar mais ainda.

Já o professor P5 não respondeu a esse questionamento, pois não tem conhecimento sobre os conteúdos de FMC.

P5: eu não tenho muito conhecimento tá... vou ser sincera. Eu tenho que estudar para depois te responder.

Uma quarta subcategoria se referiu ao questionamento feito para esses cinco professores sobre as suas aptidões para ministrar os conteúdos de FMC no EM. Apenas três professores se sentem preparados para abordar esses conteúdos em sala de aula.

P1: sim, qualquer uma. Eu tento envolvê-los (alunos) e.... eu falo que a Física está em tudo em nossa vida.

P2: sim

C: você teve ele na sua formação?

P2: tive

P4: sim, eu gosto desse conteúdo

C: você teve ele na graduação?

P4: tive

Esses três professores, P1, P2 e P4, sentem-se preparados para ministrar os conteúdos de FMC, entre esses professores o P1 é formado em Matemática, mas mesmo assim se encontra apto a abordar os conteúdos da FC e os de FMC. P2 e P4 são formandos em Licenciatura em Física e os dois tiveram FMC na sua formação, assim eles são aptos a ministrar os conteúdos de FMC em sala de aula.

Dos cinco professores, dois não se sentem aptos a ministrar os conteúdos de FMC.

P3: sinceramente não, porque como falei para você, faz três anos que estou lecionando Física, mas é o primeiro ano que realmente to trabalhando com 2º e 3º anos do EM. Trabalhei por dois anos só no 1º ano. Então esse ano estou meio ... me adaptando com os conteúdos de 2º e 3º ano.

P5: hoje não. Teria que estudar bastante.

C: você não teve ele na graduação?

P5: não, não tive na época que fiz faculdade.

O professor P3 é formado em Licenciatura em Física, mas mesmo assim não se sente apto a ministrar esse conteúdo em sala de aula, segundo o professor, pelo fato de não ter trabalhado com os 3º anos até o momento, o qual pela proposta curricular do Estado de São Paulo o conteúdo de FMC só é abordado para essa série. Já o P5, formado em Ciências com habilitação em Matemática, não é apto a ministrar esses conteúdos, ainda mais que ele não os teve na sua graduação. Ele afirma também que caso precise ministrar esses conteúdos precisaria estudar bastante.

Essa questão é interessante analisar, pois se tem na rede básica educacional professores que não são da área da Física, mas mesmo assim são aptos a ministrar qualquer tipo de conteúdo, seja de FC ou de FMC. Ao contrário se tem professor que é da área e não se sentem preparados a ministrar a FMC no EM, ficando só na abordagem da FC.

É estranho pensar que professores formados em Licenciatura em Física, mesmo tendo na sua formação disciplina de FMC, não sabem abordar esses conteúdo no EM. Isso leva a pensar que tipo de formação inicial esse professor teve? Será que a sua formação inicial não foi adequada, por decorrência disso não se sentem aptos a abordar esses conteúdos? Ou é por conta de não utilizar esses saberes em sala de aula, assim esquecendo-os? Essas são questões para se refletir, pois a formação inicial de qualquer profissão, em especial do professor, é muito

importante para a sua atuação. Por isso, é relevante que o professor reflita a sua prática, Zabala (1998, p. 13) afirma que “a melhoria de nossa atividade profissional, como todas as demais, passa pela análise do que fazemos, de nossa prática e do contraste com outras práticas”.

Outro problema é compreender as consequências de professores que não são formados em Física atuando nesta área. Esse problema de uma forma geral decorre de um contexto mais amplo que envolve as políticas públicas educacionais, pois o Estado, especificamente de São Paulo, não supre as necessidades dos professores efetivos nas redes públicas de educação, ou seja, os números de professores contratados são superiores ou iguais aos números de professores efetivos (MOREIRA, 2015). Isso acarreta uma série de problemas no ensino, como professores que atuam sem habilitação, em disciplinas diferentes daquela lecionada no ano anterior, professores que atuam, ao mesmo tempo, em disciplinas de áreas diferentes de sua formação, entre outros (PATINHAS, 1999¹⁰; PAIVA, 2002¹¹ *apud* SAMPAIO; MARIN, 2004). Sampaio e Marin (2004) concluem que a “formação no ensino superior não significa formação específica para docência, ou seja, uma licenciatura que habilite o profissional para tal função”.

Assim, professores de Física terão todos os conhecimentos específicos necessários para a atuação nas disciplinas de Física, ou seja, estes professores têm vários saberes para a sua atuação, dentre os quais, o principal é ter domínio dos conteúdos. Então ter um profissional que não é físico ministrando a disciplina de Física não é o ideal, pois esse profissional não terá os saberes específicos desta área.

Duas outras subcategorias dizem respeito aos professores que abordam e não abordam atualmente FMC em sala de aula. Dos cinco professores três afirmaram que não abordam atualmente em sala de aula.

P3: Não. As limitações são porque não trabalhava com 2º e 3º anos

P4: não, não abordo, porque está fora do currículo e por falta de tempo mesmo.

P5: não, não abordo [...] eu acho assim ... falta de tempo...

Os professores P3, P4 e P5 afirmaram que não abordam FMC em sala de aula, uma das grandes limitações são que esses conteúdos não estão no currículo e a falta de tempo.

Dois professores afirmaram que abordam.

¹⁰ PATINHAS, V.A. **Professor não habilitado: um sinal da crise na educação**. 1999. Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

¹¹ PAIVA, M.M. **Professor não habilitado: agora um sujeito ocultado no magistério público paulista**. 2002. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

P1: levo alguma coisa da.... do que está acontecendo, de repente que não está na apostila, alguma coisa que aconteceu, que surgiu de repente, né. Nesse período que não tá... já levo como curiosidade, as vezes mesmo os alunos mesmo perguntam.... já vem questionando.

P2: sim

C: quais?

P2: a gente tem o caderno do aluno, que é referente ao 3º ano do EM e no último bimestre vem certinho que temos que abordar.

O P1 afirma que além da apostila leva outros conhecimentos, já o P2 afirma que trabalha o que está contido na mesma. Essa questão também tem uma ênfase no que está e não está no currículo do Estado de São Paulo.

Esses professores também colocaram que alguns alunos já os interrogaram sobre questões de FMC.

P1: quando eu chego na sala para trabalhar o conteúdo da apostila de FM, algumas coisas eles já ouviram dizer, mas não é na escola

P2: o que eles vem questionar muito sobre o universo

P4: Apesar que durante as aulas surge alguma outra pergunta, quando a gente fala também da maior velocidade, que é a velocidade da luz....

Através dessas últimas colocações dos professores, se observa que os alunos já ouviram ou viram alguma coisa sobre os conceitos de FMC. Então por que não inseri-los em sala de aula? Por que não explicar com detalhes o que está na volta dos alunos, como por exemplo, supercondutores, lasers, contração e dilatação do espaço, microcomputador, processador quântico, nanotecnologia, radioterapia, ressonância magnética, celular, televisão, rádio, satélites, GPS, entre outros? Então, tendo indícios que os alunos já tem uma interrogação sobre os tópicos modernos e que na LDB, PCN e na proposta curricular de São Paulo há argumentos que são relevantes para os alunos terem esses conhecimento, os professores devem começar a trabalhar esses tópicos em sala de aula, contribuindo para a formação de um cidadão moderno do século XXI.

4.2.2 Currículo do Estado de São Paulo

Em 2008, a Secretaria da Educação de São Paulo propôs o currículo básico para as escolas, no nível de Ensino Fundamental e Ensino Médio. Este currículo consiste em três documentos: o primeiro é destinado à apresentação dos princípios fundadores, além da estrutura do currículo para cada área; o segundo é o material didático, constituído pelos cadernos do

professor e do aluno, esses cadernos são organizados por disciplinas, séries e semestres, na qual os conteúdos são divididos por blocos temáticos; e o terceiro documento constitui o caderno do gestor, dirigido para os diretores das escolas, aos professores coordenadores e supervisores (ZANOTELLO; PIRES, 2016).

Sacristán (2016, p. 34) define o currículo como um “projeto seletivo de cultura, cultural, social, política e administrativamente condicionado que preenche a atividade escolar e que se torna realidade dentro das condições da escola tal como se acha configurada”. Assim, o currículo se reduz aos conhecimentos tidos como importantes para que as pessoas, no período de escolarização, sejam adquiridos. Segundo Zanotello e Pires (2016, p. 45) “o currículo prescrito constitui um modo que o Estado tem, organizado política e administrativamente em dado momento, de exercer sua hegemonia cultural, delineando as características de formação desejáveis e o perfil idealizado que as pessoas deveriam adquirir no período de escolaridade obrigatória”.

Tendo em vista estas considerações, percebe-se nas falas dos professores, que eles ficam muito presos ao caderno do professor. Essa percepção foi adquirida quando eles foram questionados quais os materiais didáticos que utilizam nas salas de aula.

P1: livros didáticos, apostila (currículo de São Paulo), tem o laboratório de Física que pode trabalhar. Tem bastante coisa, laboratório de informática.

P2: sim, os cadernos do aluno do SP [...] a gente fica mais no caderno do aluno, porque já tem as atividades específicas para eles (alunos) pesquisarem, para eles resolverem, então a gente fica mais no caderno do aluno [...] faço o que o caderninho pede e aí a gente traz vídeo para ampliar mais os conhecimentos deles (alunos), para mostrar um pouco mais sobre o tema ... artigo também.

P3: livros didático, site científico, a gente tem que ficar atualizado do que está acontecendo, mesmo sendo Física [...] a apostila do estado (SP).

P4: a apostila (currículo de São Paulo) e o livro, ou passa algum vídeo que pego do youtube, da internet.

Todos os professores afirmaram que utilizam o caderno do aluno, alguns sendo a única opção e outros, além de utilizá-lo, completam as suas metodologias com outras ferramentas didáticas. A utilização de outros métodos didáticos é uma forma de complementar o conteúdo trabalhado, na proposta do currículo há uma especificação que afirma que os professores podem utilizar outros recursos didáticos, mas que eles devem ser preferencialmente articulados aos assuntos tratados nos temas (SÃO PAULO, 2010).

Mesmo os professores que não utilizam o caderno todo tempo, devem seguir os conteúdos que estão contidos nele. No currículo de Física, os conteúdos estão distribuídos em seis grandes temas: na 1º série do EM: Movimentos (grandezas, variações e conservações) e

Universo, Terra e vida; na 2º série do EM: Calor, ambiente e usos da energia e Som, imagem e comunicação, para a 3º série do EM: Equipamentos elétricos e Matéria e radiação.

A proposta curricular do Estado de São Paulo já inseriu alguns tópicos modernos no currículo de Física. Esta inserção está no volume 2 da apostila da 3º série do EM, no qual são abordado sobre o átomo: emissão e absorção da radiação, sobre fenômenos nucleares, partículas elementares e microeletrônica e informática. Esses assuntos são abordados muito superficialmente, na qual algumas vezes os professores nem chegam a abordá-los em sala de aula, como afirmaram P3, P4 e P5, anteriormente. As grandes limitações são a falta de tempo e a quantidade de conteúdos de já tem no currículo.

Todos os professores de Física do Estado de São Paulo ficam condicionados a tratar os conteúdos contidos no mesmo. Zanotello e Pires (2016, p. 52) afirma que “o Estado cria mecanismo para que seu currículo seja cumprido”. Esse mecanismo faz com que todo o sistema educacional se adapte, assim não deixando alternativas para os professores. No início do caderno dirigido para os gestores, há uma carta do Secretário da Educação aos professores e gestores, afirmando que o currículo

[...] são as referências essenciais para o estabelecimento das matrizes de avaliação do Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (Saresp), dos programas de reforço e recuperação e dos cursos de formação continuada de nossa Escola de Formação de Professores. (SÃO PAULO, 2010, p. 3).

Neste trecho, fica evidente que o Estado espera que o seu currículo seja realmente seguido, indicando um mecanismo de avaliação (SARESP), induzindo assim que todo o sistema educacional adote-o, além de acarretar nos bônus e na pontuação das escolas. Os mecanismos utilizados como indício de defesa pelo Estado, argumentam que esses documentos melhorarão a qualidade do ensino. O projeto curricular do Estado de São Paulo é também uma proposta de uniformização, ou seja, todos os estudantes de todas as escolas do Estado devem ter igualdade na oportunidade de acesso aos mesmos conhecimentos, além de realizarem o mesmo percurso de aprendizagem nas disciplinas (ZANOTELLO; PIRES, 2016).

Desta forma, quando os professores foram questionados sobre se os materiais didáticos que utilizam em sala de aula são adequados, três professores acham que sim.

P1: os livros ... sim, tudo é valido para ampliar seu conhecimento.... eu gosto muito de trazer aula preparada, assim... pesquiso muito em internet, em artigo que são confiáveis. Então, trago muita aula sobre artigo, vejo que eles são “reais” mesmo... e ai dá para fazer uma aula diferente, sempre avança as curiosidade deles (alunos)

P2: acho, ele é bem amplo. Acho legal sim o material.

P4: eu gosto ... eu acredito que sim. O livro tem que trabalhar mais com calma, porque entra muito em conta, conta, conta ... e os alunos tem muita dificuldade na matemática, então esse é o problema. A apostila já é bem contextualizada, tem algumas atividades interessantes.

P1 afirma que além da apostila e do livro, traz artigos, curiosidades para complementar suas metodologias. A afirmação de P2 é referente a apostila do Estado de São Paulo, na qual esse professor só aborda o mesmo nas suas aulas. P4 também trabalha só a apostila e ainda afirma que trabalhar o livro é difícil, pois ele traz muita conta e os alunos têm dificuldades. Apenas um professor afirma que o material didático não é adequado.

P5: eu acho que não. Eu acho que é muito tradicional os livros.

Esses professores também colocam quais os materiais que estão inseridos os conteúdos de FMC.

P1: a apostila contém FM, mas é no final da apostila. Eu acho que muito professor, não consegue chegar nesse último tópico. Eu corro um pouquinho pra chegar, porque eu acho muito interessante o assunto e acho que devem saber.

P2: sim, os caderno do aluno do SP. Porque no nosso livro didático também vem, mas o tempo que temos das aulas não dá para ficar muito tempo no livro didático mais o caderno do aluno. Então a gente fica mais no caderno do aluno, porque já tem as atividades específicas para eles (alunos) pesquisarem, para eles resolverem, então a gente fica mais no caderno do aluno.

P3: no 3º ano tem no final da apostila

P4: só o livro didático, a apostila traz, 3º ano, volume 2.

P5: alguns, muito pouco ... e tudo tradicional mesmo.

Percebe-se que esses professores mesmo tendo os livro didático à sua disposição, preferem só utilizar apenas a apostila do aluno. Atualmente, no Programa Nacional do Livro Didático -PNLD é exigido que os livros apresentem uma parte destinada para a FMC, no edital para a convocação dos autores para a participação do processo de aquisição de obras didáticas destinadas aos alunos e professores do EM das escolas públicas federais, há como critério de eliminação a obra que não tiver os conteúdos de FMC (BRASIL, 2015).

Trata de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho (BRASIL, 2015 p. 58).

O currículo destina apenas duas aula de Física por semana, isso acarreta um tempo muito curto para se abordar todo os conteúdos que são propostos pelo mesmo. Por conta disso, os professores muitas vezes têm que correr com os conteúdos, não utilizando metodologias e avaliações apropriadas, além de só trabalharem a apostila, não dando espaço

para novas matérias didáticos. Com esta atuação, os professores estão condicionados pelo papel que lhe é atribuído no desenvolvimento do currículo.

4.2.3 Potencialidades e limitações da sequência didática proposto para a TRR

Ter um material adequado para trabalhar os conteúdos de FMC em sala de aula é importante para o desenvolvimento deste conteúdo, mas não o suficiente. Entretanto Ostermann e Moreira (2001, p. 147) afirmam que os alunos podem aprender esses conteúdos se “os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis. Com isso, os jovens podem ter uma escolarização de nível médio em Física atualizada e mais coerente com um pleno exercício da cidadania na sociedade contemporânea”. Assim, se os professores do EM tiverem um material adequado para trabalhar TRR em sala de aula, ainda mais um material didático que possua atividades que vão além das fórmulas, na qual o ensino de Ciência é trabalhado mostrando a sua contextualização, os principais cientistas, as discrepâncias da época, entre outros. Isso acarretam aos alunos com a percepção da Ciência a sua volta, mostrando que estes fatos fazem parte do seu dia-a-dia, ou seja, da sociedade contemporânea. Por outro lado, não pretende-se que a sequência proposta, seja mais uma material imposto para a prática dos professores.

Por isso, os professores nesta pesquisa foram questionados sobre suas percepções sobre uma proposta de material, se eles tivessem um material didático adequado para trabalhar TRR em sala de aula, se eles trabalhariam. Dois professores afirmaram que mesmo tendo um material didático adequado, não trabalhariam a TRR ou que isso iria depender da sala.

P2: ai a questão do depende! Se a sala responder a esse conteúdo, ai sim. E se o tempo também fosse hábil, porque a gente tem 2 aulas por semana, nem sempre dá tempo da gente trabalhar todo o conteúdo que é exigido, né. Se der tempo sim, com certeza.

P4: se fosse algo, sei lá, para duas ou três aulas. Se não fosse comprometer os outros conteúdos ... eu abordaria.

Um professor afirma que não saberia dizer se sim ou não, que a abordagem da TRR iria também depender da sala. Mas, também, colocou que se tivesse um material com as orientações corretas daí sim poderia abordar tranquilo em sala de aula.

P3: e agora, difícil falar que sim ou não. Porque, como falei para você, depende do aluno.

C: depende da turma?

P3: exatamente. Então se a gente tem o material, suporte ... acho que a gente andaria tranquilo, conseguiria sim abordar.

C: daí você abordaria se tivesse o material?

P3: exatamente.

As transcrições da etapa 3, referente as análises da sequência sobre a TRR através do quadro norteador (Quadro 6, p. 51-2), serão analisadas a partir de agora. Nesta etapa, um dos professores não continuou com a pesquisa, assim ficando quatro professores, e, dois professores (P3 e P1) fizeram a análise juntos.

A partir das questões norteadoras, os professores fizeram as suas análises da sequência. Nas análises desses quatro professores, a resposta a todas as questões do quadro 6 foram positivas, constam todos os requisitos apresentados neste quadro. Como, por exemplo, quando foram questionados se a sequência apresenta uma organização clara, coerente e funcional, todos os professores concordam que isso ocorreu na sequência, desta forma uma subcategoria pode ser caracterizada com a organização, coerência e funcionalidade da sequência.

P1: sim, apresenta de forma clara, investigando em primeiro lugar o que os alunos sabem, o que eles trazem de conhecimento a respeito do assunto, e depois, uma sequência de atividades que envolvem exposição, leitura, debate, pesquisa, exercício, sendo unidade básica no processo de ensino/aprendizagem, né... precisa esse envolvimento entre aluno/professor, aluno/aluno, e isso você deixou perfeito, bem colocado.

P2: sim, no entanto a questão da organização dos grupos deve ser mais clara, para uma maior qualidade na realização das atividades.

P4: achei que ela está bem organizada sim ... primeira etapa, segunda etapa.... Tá perfeito.

P2 levantou uma questão sobre uma falha na elaboração da sequência, a especificação da quantidade de alunos em cada grupo, assim a sequência será corrigida, no qual será especificado seis alunos por cada grupo. Isso demonstra o quanto este tipo de análise possibilita a construção conjunta de uma sequência em colaboração com os professores, de modo a atender as suas necessidades e as dos alunos.

Outra subcategoria está relacionada à apresentação de textos e atividades que colaboram com o debate sobre as repercussões, relações e aplicações do conhecimento científico na sociedade, que fornece elementos para compreender as interações da sociedade e refletir sobre o cotidiano.

P1: sim, a proposta apresenta tudo isso de forma clara, fornecendo elementos para compreensão da situações da sociedade e refletindo no dia-a-dia. A Física está em tudo... eu falo para os alunos, que a Física está em todos os lugares...

P2: sim, pois as atividades estão relacionadas ao cotidiano, o que ampliar o contexto social e científico dos alunos

P4: sim, porque tem muitas partes na sua situação de aprendizagem que o aluno tem que levantar hipóteses, ele tem que debater, trocar ideia com os colegas do grupo... então sim, o aluno consegue refletir e também tentar associar o que está sendo mostrado na situação de aprendizagem com o que ele vive e com o que ele conhece.

Outra subcategoria tem relação se as atividades da sequência estimulam a cooperação, criatividade, curiosidade e a imaginação, além dessas atividades representarem um desafio alcançável para os alunos.

P1: em um grupo, duas cabeças pensam melhor que uma... então o que um tem uma ideia o outro completa... eles podem debater essas ideias. E também, através dos textos propostos eles podem ir além do cotidiano e o professor mediar essa aprendizagem. É um desafio todo dia trabalhar com esses alunos, é uma guerra travada dia-a-dia para um propósito que é de aprender, esta sequência está bem colocada e que atinge desde os mais desprovidos de algum conhecimento ou curiosidade até os mais ativos.

P2: além de estimular a investigação científica, as atividades também estimulam a curiosidade, a argumentação, a imaginação, sempre por meio da mediação do professor.

P4: sim, estimula bastante. Igual eu falei, a imaginação, a curiosidade, porque o questionamento que nunca se fizeram, coisa que nunca se perguntaram... e sim é alcançável.

O P4 também argumenta que nas atividades que envolvem Matemática o professor terá que ajudar, pois sem o auxílio será difícil os alunos compreenderem. Os alunos terem dificuldade nas equações básicas não é culpa do professor de Física do EM, pois de acordo com os currículos, este é um conteúdo que deveria ter sido aprendido no ciclo I do Ensino Fundamental. Mas o P4 afirma que isso acontece, então se vê que atualmente os alunos estão chegando no EM com dificuldade nesses conteúdos. Então, se percebe que o ciclo educacional tem uma lacuna na aprendizagem, que esse fato pode estar ligado a como esses conteúdos são apresentados para os alunos.

P4: eu acredito que na parte de conta, na Matemática o professor vai ter que ajudar, sem o auxílio do professor muito difícil

C: mas... só o professor fazer, explicar a conta e depois ele vão conseguir

P4: acredito que sim. Faz um, dois exemplos, mostra como é feito os passo... eu acredito que sim. Acho quando eles verem a equação, no início vai dar um susto... vai ver raiz quadrada, potência... mas é questão do professor saber mostrar com calma, o que é cada item.

Além dessa argumentação, o P4 em muitas falas afirma que sempre o aluno precisará da ajuda do professor para a realização das atividades. Isso implica em que o aluno não tem uma autonomia na sua aprendizagem, sempre precisa da ajuda de alguém.

Outra subcategoria referente a motivação dos alunos em aprender os conteúdos da TRR, assim foi questionada se a sequência é motivadora, na qual os alunos sentem que estão conseguindo aprender e que seus esforços valem a pena, assim ajudando-os a serem cada vez mais autônomos em suas aprendizagens.

P1: a sequência é motivadora, pois já inicia colhendo informação sobre o que cada um sabe e depois lança um texto com um título super curioso que desperta o interesse de investigar o porquê

P2: sim, pois nas atividades que estão sendo proposta os alunos precisam dialogar no grupo para encontrar os argumentos e as possíveis respostas sobre o tema, o que vai acarreta na autonomia da construção de seu conhecimento.

P4: eu acredito que sim, porque no primeiro momento você está levantando dúvidas, então os alunos vão começarem a se questionar, eles vão querer depois procurar respostas [...] sim, porque eles vão ter que pensar, vão ter que tirar suas próprias conclusões. Então por isso, sim

Nesta fala, o P4 se contradiz contra as suas percepções, pois na resposta anterior coloca que o aluno precisará de ajuda e que a Matemática pode ser difícil, mas nessa fala afirma que a sequência vai ser motivadora e que os alunos vão desenvolver autonomia, pois precisam pensar e tirar suas próprias conclusões.

Outra categoria refere-se às limitações que a sequência tem. Dois professores, P2 e P4, argumentam que o tempo para a aplicação da sequência seria difícil, pois, pelo currículo, se tem duas aulas de Física por semana.

P2: o único entrave ao meu ver na proposta das atividades seria a questão do tempo para a realização das mesmas, visto que a grade curricular do Estado de São Paulo determina apenas 2 aulas por semana para abordar todo o conteúdo do EM, e ao realizar essa atividade levaria, no mínimo, um mês de aula, o que poderia comprometer o conhecimento dos demais conteúdos.

P4: talvez a questão de tempo, porque se você pegar um plano desse e aplica-lo na sala de aula em questão do tempo. Porque já é muito conteúdo, daí você vai está colocando mais um conteúdo ainda. Igual eu comentei, esse conteúdo vai ser bom, porque vai fazer o aluno a questionar coisas que ele nunca imaginou e também trabalhar a parte da Matemática, também é fundamental pra eles. Gostei, está bem explicado, está abrangente.

P4 expõe também sobre o excesso de conteúdo que o currículo de Física tem, inserindo a TRR ficaria sobrecarregado.

Uma última subcategoria é referente à avaliação, assim foi questionado se as propostas de avaliação, condiziam com os pressupostos que norteavam as atividade.

P1: sim, as propostas de atividade condizem com todos os conteúdos oferecidos.

P2: sim, inclusive a avaliação final dará ao professor elementos para reaver sua própria prática docente.

P4: sim, achei que está coerente [...] aqui você está avaliando a aprendizagem do processo.

Nesse questionamento o P4 também afirma que seria melhor o professor talvez montar previamente o mapa conceitual, pois os alunos terão dificuldades para a elaboração do mesmo.

P4: acho que os alunos vão ter dificuldade, talvez se você já montasse alguma coisa previamente... sabe você monta algo prévio e deixe alguns quadrados em brancos, daí o aluno vai completando.

Essa sugestão foi considerada inviável, pois o mapa foi inserido na sequência com o intuito do professor avaliar a construção do conhecimento do aluno e, conseqüentemente, avaliar a sua prática educativa. Se os alunos não forem bem na apresentação do mapa conceitual, o professor terá que retomar os conceitos nos quais os alunos apresentam dificuldades.

Ao final dessa entrevista, foi deixado um espaço para que os professores pudessem expor mais colocações referentes à melhoria da sequência, com isso, todos afirmaram que a sequência está bem elaborada. O P3 afirmou que algumas atividades nunca haviam sido pensadas por ele.

A proposta da sequência sobre a TRR foi bem reconhecida pelos professores, mesmo que alguns tenham afirmado que esse tópico não seria viável inserir no currículo. Eles elogiaram muito as atividades e como foram elaboradas.

5 CONCLUSÃO

Os documentos oficiais brasileiros relacionados à educação, como a LDB, os PCN e a proposta curricular do Estado de São Paulo apontam a necessidade da inserção de tópicos da FMC no EM, pois o aluno, quando terminar o ciclo básico, deve ter os conhecimentos necessários para que compreendam o mundo à sua volta. Contudo, mesmo isso constando nesses documentos e, atualmente alguns tópicos modernos já estarem inseridos na proposta curricular de São Paulo, a realidade na escola é completamente diferente. Efetivamente a inserção de FMC ainda demanda alguns esforços para que, de fato, possa ocorrer.

Em Araras, não é diferente, o que ficou evidente através dos resultados que foram apresentados nesta pesquisa. Três professores entrevistados afirmam que não abordam tópicos de FMC no EM, isso acontece por algumas limitações. Essas limitações ocorrem principalmente por dois motivos levantados por eles: o tópicos de FMC não estarem inseridos no currículo, que no caso seria o do Estado de São Paulo, e a falta de tempo. A primeira afirmação não é verdade, pois na proposta curricular do Estado de São Paulo já contém alguns tópicos modernos no volume 2 da apostila da 3ª série do EM. Aqui, fica evidente que alguns professores ainda não tem claramente a divisão entre a FC com a FMC, conseqüentemente, não sabem quais os conteúdos que são considerados modernos. A segunda afirmação sobre a falta de tempo, tem-se que o currículo destina apenas duas aulas de Física por semana, o que é um tempo muito curto para abranger todos os tópicos que o mesmo pede, então os professores ficam muitas vezes sem alternativas.

A concepção de currículo é de mecanismo que o Estado impõe ao sistema educacional, ou seja, ele faz todos se adaptarem ao seu propósito. Sendo assim, os professores não podem distanciar suas propostas daquelas indicadas nos documentos, pois como ele é um mecanismo do Estado para impor o que deve ser ensinado, ele tem um mecanismo de avaliação (SARESP), que leva a bônus e pontuação das escolas.

Mas, mesmo assim, outros dois professores afirmam que abordam FMC no EM. As metodologias utilizadas por eles são diferentes entre si, um trabalha exclusivamente a apostila do Estado de São Paulo, o outro vai além da apostila, trazendo outros materiais didáticos como artigos, textos, vídeos para complementar a sua metodologia. Pelas análises, fica evidente que todos os professores que participaram desta pesquisa utilizam a apostila do Estado de São Paulo, uns mais outros menos. Assim, conclui-se que esse material é, na maioria

das vezes, a única ferramenta do professor trabalhar dentro das salas de aula entre os entrevistados.

Ainda na perspectiva dos currículos, quando os professores foram questionados se estes materiais didáticos utilizados em sala de aula são adequados, apenas um afirmou que não, que eles são muito tradicionais. Os outros professores afirmaram que o material (a apostila do Estado de São Paulo) é abrangente, que é legal trabalhar com ele. Eles também afirmaram que a apostila não trabalha com a TRR. Devido ao fato da apostila ser geralmente o único material didático, percebe-se que esse material deixa os professores presos a ela, assim dificultando uma possível abordagem da TRR. Isso fica nítido, quando todos os professores afirmaram que seria importante inserir a FMC no EM, mas o tópico da TRR para alguns professores não seria tão relevante. Apenas um professor acredita que a TRR deve, com certeza, ser trabalhada no EM. Dois professores afirmaram que para inserir esse tópico iria depender do contexto da sala de aula, o que apresenta certa incoerência, pois o que é abordado na sala geralmente não é perguntado para o aluno sobre o seu interesse, simplesmente os conteúdos são impostos. A TRR não está no currículo, por isso que provavelmente os professores têm esses discursos.

Como os professores ficam presos à apostila, e geralmente não dá tempo de abordar a FMC, alguns professores não estão preparados para ministrar esses conceitos em sala de aula. Dois professores afirmaram que não estão preparados para ministrar esses conceitos, um desses professores é formado em Ciências com habilitação em Matemática e na sua formação não teve nenhuma disciplina sobre FMC, por consequência disso não tem conhecimento sobre esses tópicos. O outro professor é formado em Licenciatura em Física e teve esses conteúdos na graduação, assim é estranho um professor formado em Física não saber abordar os conceitos que são da sua área, isso leva a pensar a qual tipo de formação os licenciados em Física estão tendo, será que as formações iniciais e continuadas estão sendo adequadas?

Outro apontamento que esta pesquisa fez foi fato de profissionais que não são físicos ministrarem a disciplina de Física no EM. Nesta pesquisa dois professores não são formados em Física, um é formado em Matemática e o outro é formado em Ciências com habilitação em Matemática. Dentre esses professores, um afirmou que tem os conhecimentos necessários para abordar tanto os conteúdos clássicos quanto os modernos, o outro afirmou que não tem nenhum conhecimento sobre os tópicos modernos, só trabalhando com os clássicos. Por conta disso, percebe-se que professores que não são físicos podem não ter os saberes

necessários para ministrar a disciplina de Física, de modo que podem apresentar alguns tipos de limitações. Um deles é não saber abordar os tópicos da FMC. Então, atualmente se tem na rede básica educacional professores que não são da área de Física ministrando a disciplina de Física, mas esse problema decorre de um contexto mais amplo que envolve as políticas públicas, pois o Estado não está suprindo a demanda de professores na rede pública, assim muitos professores contratados não ministram disciplinas na sua área de formação.

A sequência didática elaborada sobre a TRR, como um dos objetivos gerais, foi avaliada pelos professores de Física do EM como sendo bem satisfatória. Todos os professores afirmaram que ela foi bem elaborada, que as atividades estão ótimas, que a sequência é motivadora, assim fazendo os alunos serem cada vez mais autônomos na sua aprendizagem, além de apontarem que a sequência está bem clara, coerente e funcional. A contribuição que os professores deram foi para a sequência especificar o número de alunos em cada grupo, assim a sequência foi adequada colocando seis alunos por grupo.

Como resposta à questão de pesquisa deste trabalho se tem que as contribuições dos professores foram, primeiramente, o tempo disponível para a realização da pesquisa, o interesse em querer participar, além de contribuírem na especificação dos números de alunos nos grupos, isso demonstra a possibilidade de construir, em conjunto com os professores do EM, novas metodologias de ensino-aprendizagem. Outra resposta à questão de pesquisa foi o apontamento das limitações da sequência, que pelos professores são a falta de tempo para abordar a sequência e sobre a sobrecarga que a disciplina de Física iria ter se esse tópico (TRR) fosse inserido no currículo do Estado de São Paulo. Essas limitações foram as mesmas apontadas pelos professores quando foram questionados sobre a inserção do tópico da TRR. Isso deixa claro que atualmente o currículo de Física está sobrecarregado de conteúdos e que os professores do EM não conseguem dar conta de abordá-los em sala de aula com apenas duas aulas por semana.

Assim, conclui-se que as ideias apresentadas nesta pesquisa mostram que a inserção da FMC é um assunto que ainda é controverso, o qual alguns professores acham viável e outros não. Assim, esse assunto ainda precisa ser pesquisado e analisado, pois para que esses conteúdos sejam realmente inseridos nas salas de aula seria relevante fazer uma pesquisa mais ampla com os professores de Física do EM. Inserir esses tópicos subsidiaria a própria formação inicial e continuada dos professores, além da reorganização do próprio currículo.

6 REFERÊNCIAS

ALVETTI, M. A. S. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a revista Ciência Hoje**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em educação) – Centro de Ciências da educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa, Edições 70, 1977.

BRASIL. **Lei das Diretrizes e Bases da Educação** – 9394/96. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acessado em 21/05/2015.

BRASIL. **Ministério da Educação**: edital de convocação 04/2015 – CGPLI.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Parte III: Ciência da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Ministério da Educação/ Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, 1999a. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acessado em 25/ 03/2016.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/Semtec, 2002b.

EINSTEIN, A. **A teoria da relatividade especial e geral**. 1. ed. Trad. Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999. 132 p.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Editora Campus, 1979.

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**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. 8. ed. vol. 1 e 2. Trad. Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. 8. ed. vol. 4. Trad. Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

- KARAN, R. A. S. **Relatividade Restrita no início do Ensino Médio: elaboração e análise de uma proposta**. 2005. 224 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 732, 1999.
- MOREIRA, R. S. **A reestruturação do trabalho docente: precarização dos professores temporários na rede pública de ensino do Estado de São Paulo**. Anais da VII Semana de Pedagogia e II Seminário do PPGED – UFSCAR/Sorocaba-SP, out. 2015.
- NEVES, J. A. **Uma análise dos conteúdos da Relatividade Restrita nos livros didáticos do ensino médio**. 2014. 195 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campo Grande-PB, 2014
- NEWTON, I. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural** – livro 1. 2 ed., 2 reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.
- OLIVEIRA, A. N. **Uma proposta para o ensino progressivo de relatividade restrita no nível médio**. 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- OSTERMANN, F. **Tópicos de física contemporânea em escolas de nível Médio e na formação de professores de física**. 1999. 175 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. 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 do Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 135-151, ago. 2001.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciência**, v. 5, p. 23-48, 2000.
- OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e a aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 176-190, ago. 2002.
- OSTERMANN, F.; FERREIRA, L., M.; CAVALCANTI, C., J., H. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, p. 270-288, set. 1998.

PIETROCOLA, M. **Inovação Curricular e Gerenciamento de Riscos Didático-Pedagógicos: o ensino de conteúdos de física moderna e contemporânea na escola média.** Faculdade de Educação – USP, out. 2010.

RICHARDSON, R. J; colaboradores: PERES, J. A. S; WANDERLEY, J. C. V; CORREIA, L. M; PERES, M. H. M. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3º ed – 14. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

RODRIGUES, C. M. **A inserção da física moderna no ensino médio aliada a tecnologia do sistema de posicionamento global (GPS).** 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciência: química da vida e saúde, área de concentração em Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SACRISTÁN, J. G. **O currículo: uma reflexão sobre a prática.** 3º ed, Porto Alegre: Artmed, 2016.

SAMPAIO, M. M. F.; MARIN, A. J. Precarização do trabalho docente e seus efeitos sobre as práticas curriculares. **Educação & Sociedade**, v. 25, n. 89, p. 1203-1225, 2004.

SANCHES, M. B. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: qual sua presença em sala de aula?** 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência e o Ensino de Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria Estadual de Educação. **Currículo do estado de São Paulo: ciências da natureza e suas tecnologias.** São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/43/Files/CNST.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

SEIXAS, W. O princípio da Relatividade – de Galileu a Einstein. **Revista Brasileira de História da Matemática**, v. 5, n. 10, p. 43-56, março 2005.

SOUZA, A. J. **A produção de raio X e a radioproteção contextualizada por meio do enfoque ciência tecnologia e sociedade (CTS): um caminho para a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio.** 2009. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática) – Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2009.

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, dez. 1992.

TERRAZZAN, A. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média.** 1994. 241 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo: 1994.

WEBBER, M. C. M. **Inserção de Mecânica no Ensino Médio: Uma proposta para professores.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

WOLFF, J. F. A. **O ensino da Teoria da Relatividade Especial no nível médio: uma abordagem histórica e conceitual.** 2005. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZANOTELLO, M.; PIRES, M. O. C. Discursos sobre o currículo oficial do estado de São Paulo no contexto de um curso de formação continuada para professores de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 1, p. 43-63, 2016.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Sequência Didática desenvolvida por Carla Fernanda Batista, sob a orientação do Prof. Dr. Alexandre Colato e da co-orientadora Profa. Dra. Nataly Carvalho Lopes, como um dos objetivos da pesquisa “Uma proposta de sequência didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita: perspectivas e avaliações dos professores de Física do Ensino Médio.

1º ETAPA

Objetivo: Determinar os conhecimentos prévios dos alunos sobre relatividade.

Duração: 2 aulas (aproximadamente 50 min cada)

Atividade 1: Levantamento prévio

Metodologia: Essa etapa é fundamental, pois é nesse momento que o professor saberá quais são os conhecimentos que os alunos têm sobre o tema: Teoria da Relatividade Restrita. Assim, o professor deverá levantar esses conhecimentos, primeiramente, através de alguns questionamentos.

- Conhecem um cientista chamado Albert Einstein?
- Qual a contribuição dele para a Ciência? E para a sociedade?
- Já ouviram falar sobre Relatividade? O que sabem sobre isso?
- Já ouviram falar sobre viagem no tempo? Como isso pode acontecer?
- E irmãos gêmeos com idades diferentes?
- Objetos, por exemplo um carro, se tornarem menores quando estão em movimento?

Depois destes questionamentos, outra atividade para o levantamentos dos conhecimentos prévios dos alunos será feita através de uma proposta de leitura, na qual deverá ser realizada em grupo. A atividade consiste na leitura de um texto. A leitura pode ser coletiva, em grupo ou individual, o professor quem irá decidir. O texto consiste em um artigo de jornal (fictício) que relata sobre os irmãos gêmeos encontrados nos EUA com 8 anos de diferença entre as idades. Neste texto, é discutida uma possível explicação biológica por parte de Adam, já para Sheldon, a explicação seria através da Física.

O importante é o professor não dar nenhuma informação a mais daquelas contidas neste texto. Além da leitura do texto, terão três perguntas para os alunos responderem, primeiramente em grupo, e, posteriormente cada grupo expressará as suas respostas para a sala toda. Esse momento é o momento em que surgirá dúvidas, através dessas dúvidas os alunos estarão motivados a buscarem as respostas. São os alunos que irão manifestar suas dúvidas, assim contribuindo com a articulação de toda a intervenção pedagógica.

Outra ponto importante é que todos os alunos participem, principalmente, nas exposições das respostas, pois é fácil cair na ilusão de acreditar que as respostas que partiram de alguns alunos correspondem aos conhecimentos de todos. Por isso, o professor deve incentivar todos os alunos a participar, não só nesta etapa, mas ao longo de toda a sequência, assim permitindo que se

tenha conhecimento sobre o estado de elaboração, possibilitando a adequação da sequência as necessidades dos alunos.

Nas três questões referentes ao texto, a possibilidade dos alunos responderem coisa muitos diferentes, podendo falar sobre assuntos que estão fora do contexto da realidade, como magia, portais para outros mundos, genética do futuro, etc. Dificilmente, algum aluno irá falar sobre o intervalo de tempo, então caberá ao professor mediar esse debate. Se por acaso algum aluno falar sobre portais, o professor deverá explicar que como uma pessoa “entra em um portal” e do nada “sai no futuro”, ela teria deixado de existir? Isso é impossível, onde essa pessoa estaria e quanto a conservação de energia, simplesmente a energia e o corpo da pessoa sumiria? Se acontecerem algumas discussões sobre problemas desse tipo, o professor terá que mediar para que os alunos cheguem num consenso, que o que estão dizendo não está coerente com a realidade.

Para finalizar a aula, o professor deixa claro que a situação do artigo não se trata dos irmãos perceberem a passagem do tempo de modo diferente, mas que eles viveram quantidade de tempo diferentes no Universo, assim o tempo físico passou diferente para cada um deles. O professor apresenta as duas explicações apresentada no texto e discute com os alunos qual seria mais adequada. No final, deixa uma pergunta para os alunos refletirem: “Por que problemas como o tempo ser diferente para duas ou mais pessoas causam uma confusão?”. E salienta que nas próximas aulas será trabalhado o tema: Teoria da Relatividade Restrita.

Avaliação: a avaliação será sobre a participação de cada aluno nas atividades. O professor tem que fazer todos os alunos expressarem seus conhecimentos prévios sobre o tema, pois só assim saberá quais são as limitações e dificuldades dos alunos, com isso, poderá dar a ajuda necessária para cada um deles. Assim, cada aluno terá uma nota de sua participação.

Atividade 1: A Figura abaixo é uma cópia de um artigo do Jornal Relato. Leia-o e reflitam em grupo as questões seguintes.

Ciência

Gêmeos são encontrados nos EUA com 8 anos de diferença entre suas idades

Dois irmãos gêmeos nascidos no Texas se re-encontram após alguns anos de separação e descobrem que não possuem a mesma idade.

Nessa última sexta-feira, dois irmãos gêmeos dos EUA se re-encontraram após alguns anos separados. O caso não teria sido tão surpreendente se os mesmos não tivessem tomado um susto ao observarem suas aparências. Ambos, apesar de terem nascido no mesmo dia e da mesma mãe – com alguns minutos de diferença – aparentavam idades diferentes. O espanto da família Cooper se deu pela assombrosa visão dos gêmeos com aspectos tão distintos. Quando questionados sobre suas idades, o irmão “mais velho” Adam Cooper disse possuir 42 anos enquanto o irmão aparentemente “mais jovem” disse ter apenas 34 anos. O caso intrigou mesmo renomados especialistas. A bióloga Amanda Pety disse que há indícios de que os gêmeos podem sofrer de uma doença rara. Segundo ela: “Não há outra explicação para o caso. Um dos irmãos sofre de uma deformidade no gene Y que faz com que o envelhecimento das células seja acelerado. Esse tipo de transgressão genética é muito comum em tribos indígenas do Sul da Venezuela. Outro pesquisador da mesma Universidade de Nova York, especialista em casos psiquiátricos que ocorrem entre irmãos, comentou o caso. “A necessidade de encontrar uma identidade individual faz com que alguns irmãos acabem por viver uma vida extremamente diferente da do outro, implicando em um desgaste emocional e consequentemente, físico. Isso aparenta um desvio de contadura entre eles, que reflete no aspecto psicológico e no biológico também. Assim, apesar de aparentarem idades diferentes eles só estão fisicamente diferentes pelas experiências da vida” comentou o psicólogo Gene Simmons. Caso ainda sem solução, os irmãos aproveitam o tempo livre para conversarem sobre o tempo em que ficaram separados. Adam comentou que “a diferença de idade também parece ter influenciado nossas experiências. Neste tempo fiz mais coisas, vivi mais coisas, enquanto Sheldon teve menos oportunidade de aproveitar a vida”. O irmão Sheldon rebateu a afirmação, dizendo: “Que absurdo! O fato é que, apesar de aparentar ser mais jovem, tenho muito mais conhecimento que Adam. Enquanto os irmãos não chegam a um acordo, a mãe dos rapazes já convocou uma vigília entre os integrantes da igreja local para rezar pelos filhos e pedir à Deus que “salve seus filhos dessa blasfêmia”. Sheldon rejeita todas as afirmações dadas para o caso e afirma não entender o porquê de tanta confusão. Para ele, há uma explicação física muito simples para a situação!



Irmãos Cooper: Adam e Sheldon

Fonte: NICOLAU, J. L. **Estrutura didática baseada em fluxo: Relatividade Restrita para o Ensino Médio**. 2014. 262 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2014

- 1) É possível que existam diferentes idades para irmãos que nasceram no mesmo dia e “quase” no mesmo tempo?
- 2) O que pode ter acontecido para acontecer essa diferença de idade?
- 3) A justificativa que o artigo aponta, traz uma explicação correta para esse efeito? Quais são elas? Vocês concordam?
- 4) Vocês conseguem apresentar outra explicação, com mais coerência para essa situação? Qual?

2º ETAPA

Objetivo: Conhecer a história e as controvérsias antes dos Postulados de Einstein.

Duração: 1 aula (aproximadamente 50min)

Atividade 2: Os pensamentos antes de Einstein e a reviravolta que ele propôs.

Metodologia: Os conhecimentos dos fatos históricos são importantes, pois os alunos contextualizam sobre os acontecimentos da época, assim adquirem conhecimento sobre a história da ciência e adquirem uma visão crítica sobre os fatos. Nesta etapa, é sugerido que o professor trabalhe os fatos históricos que contextualizam os postulados de Einstein na Teoria da Relatividade Restrita, devem ser trabalhadas as definições que Galileu, Newton e Maxwell tiveram sobre o referencial, o movimento, o tempo e o espaço, e posteriormente as definições que Einstein atribuiu a esses tópicos.

Para que o professor tenha um aprofundamento nestes fatos históricos, será sugerido a leitura e estudo do artigo “O princípio da relatividade – de Galileu a Einstein” do autor Wladimir Seixas. O autor contextualiza as formulações teóricas da Mecânica e do Eletromagnetismo até chegar a Teoria da Relatividade Restrita, assim este artigo deve ser trabalhado junto com os alunos. O professor deverá fornecer o artigo para cada grupo, lerá junto com eles e explicará esses fatos. O professor deve ficar atento com as dúvidas dos alunos, pois é essencial o professor saciar todas essas dúvidas.

Avaliação: a avaliação será sobre a participação de cada aluno nas atividades. O professor tem que fazer todos os alunos participem da atividade de contextualização dos fatos históricos, pois só assim saberá quais são as limitações e dificuldades dos alunos, com isso, poderá dar a ajuda necessária para cada um deles. Assim, cada aluno terá uma nota de sua participação.

3º ETAPA

Objetivo: Fazer a construção do conhecimento sobre a dilatação do tempo e sobre o fator de Lorentz.

Duração: 2 aulas (aproximadamente 50 min cada)

Conteúdo: Simultaneidade e Dilatação do Tempo

Atividade 3: Simultaneidade e Fator de Lorentz

Metodologia: Depois da contextualização dos fatos históricos, essa etapa consiste na apresentação dos conceitos de simultaneidade, dilatação do tempo e fator de Lorentz. Sugere-se que o professor comece explicando o conceito de simultaneidade, apresentando exemplos que ajudarão o conceito a ficar mais claro para os alunos. Além disso, o professor deve deixar os alunos expressarem suas dúvidas e seus pontos de vista, ou seja, a todo o momento deve ter a participação dos alunos, mas é essencial que cada um respeite a vez de fala do outro.

Um exemplo interessante para demonstrar a simultaneidade é a da espaçonave com uma fonte de luz dentro dela. Considere dois observadores A e B, onde o observador A está dentro da espaçonave e o observador B está num planeta, um referencial fora da espaçonave. Assim, quando a fonte, que está equidistante da parte frontal e traseira, é ligada, ela emite luz que se espalha em todas as direções com uma velocidade c , o observador A constata que o feixe de luz chegou ao mesmo instante tanto na parte frontal quanto na traseira, assim os eventos para esse observador ocorrem simultaneamente. Mas, quando o observador que está fora na espaçonave, no caso o observador B, esses eventos não acontecem simultâneos, pois para esse observador a espaçonave está se movendo para frente, assim quando o feixe de luz sai da fonte ela primeiramente se direciona para trás chegando na traseira e depois para frente na parte frontal (figura 1).

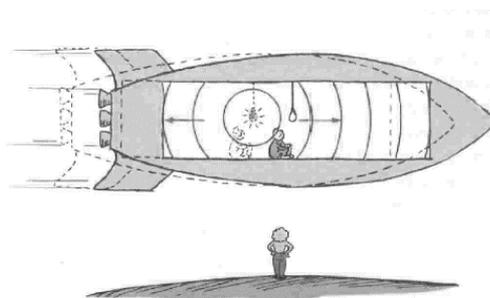


Figura 1. Representação do observador B.

O professor também pode discutir sobre outros casos, colocando o observador B em outros referenciais, como numa outra espaçonave que se move em sentido oposto ou no mesmo sentido.

Depois da explicação da simultaneidade, o professor explicará a dilatação do tempo e o fator de Lorentz. Em conjunto com essa explicação terá uma proposta de atividade, a qual será feita em grupo. Essa atividade terá como foco o fator de Lorentz, assim o professor explicará o que é o fator de Lorentz e qual a sua interferência na equação da dilatação do tempo. O fator de Lorentz descreve como, de acordo com a relatividade restrita, as medidas de espaço e tempo

entre dois observadores se alteram em cada sistema de referência, assim é o fator de Lorentz que interfere no alongamento do tempo.

No estudo sobre dilatação do tempo, temos a expressão:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

Onde γ é o fator de Lorentz e corresponde a $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Alguns termos contidos em γ :

- $\gamma > 1$ quando $v > 0$; como $v < c$ então $0 < \frac{v}{c} < 1$. Assim teremos $t > t_0$. Nesse caso teremos um alongamento, ou seja, uma dilatação do tempo.
- $\gamma = 1$ quando $v \cong 0$, $\frac{v}{c} = 0$. Assim teremos $t = t_0$. Nesse caso teremos o nosso mundo cotidiano.

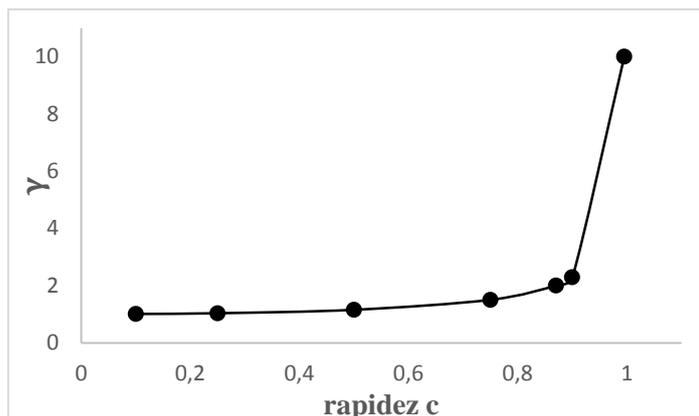
Nesse momento, o professor tem que apresentar a equação bem claramente, deve fazer com que todos os alunos compreendam a equação, para assim poder prosseguir a atividade. Assim, depois da explicação dos conceitos e dos dois termos contidos em γ , o professor propõe que os alunos resolvam a questão a seguir:

Imagine que estamos na Terra observando uma nave que está passando próxima de nós. Queremos fazer uma comparação entre o relógio da nave e o da Terra, ou seja, queremos saber qual será a dilatação do tempo entre os dois relógios quando a nave estiver variando sua rapidez. Na tabela abaixo, temos a rapidez que a nave está se movimento em relação a Terra. Através da rapidez complete o restante da tabela. Com os valores da tabela, faça um gráfico de γ versus a rapidez da nave e responda três questionamentos.

v (rapidez)	γ	$t = \gamma t_0$
0,1c	<u>1,005</u>	<u>$t = 1,005t_0$</u>
0,25c	<u>1,03</u>	<u>$t = 1,03t_0$</u>
0,5c	<u>1,15</u>	<u>$t = 1,15t_0$</u>
0,75c	<u>1,5</u>	<u>$t = 1,5t_0$</u>
0,87c	<u>2</u>	<u>$t = 2t_0$</u>
0,9c	<u>2,29</u>	<u>$t = 2,29t_0$</u>
0,995c	<u>10</u>	<u>$t = 10t_0$</u>

Obs.: o professor pode acrescentar mais valores de rapidez, mas isso fica a critério dele.

Abaixo está representado o gráfico correto para o professor fazer a comparação:



Depois de completar a tabela e de fazer o gráfico propor essas questões (questões com base no livro Física Conceitual, 9ªed, Paulo G. Hewitt):

- 1) A dilatação temporal significa que o tempo passa mais lentamente em sistemas que estão em movimento ou o tempo apenas parece passar mais lentamente?

A diminuição no ritmo de passagem do tempo de sistemas em movimento não é meramente uma ilusão resultante do próprio movimento. O movimento realmente passa mais lentamente em um sistema que se move em respeito a outro em repouso relativo.

- 2) Qual conclusão podemos tirar do gráfico?

Quanto mais próximo da velocidade da luz a nave estiver, maior é o valor do fator de Lorentz. A curva da parábola tende ao valor c.

- 3) Dois observadores H e Y concordariam em suas medições de tempo se H se movesse em relação a Y com a metade da velocidade da luz? E se ambos se movessem juntos com a metade da velocidade da luz em relação a Terra?

Quando H e Y estão se movendo um em relação ao outro, cada um observa uma diminuição no ritmo do tempo no sistema de referencial do outro. Portanto, eles não concordam em suas medições do tempo. Quando eles estão se movendo juntos, eles compartilham do mesmo sistema de referencial e concordam em suas medições do tempo. Cada um deles vê o tempo do outro transcorrer normalmente.

O importante nesta etapa, é o professor estar atento se os alunos estão conseguindo acompanhar o desenvolvimento da atividade, principalmente, dando apoio para os cálculos e na elaboração do gráfico, pois cada aluno tem sua própria aprendizagem e dificuldade, assim o professor tem o papel de mediador.

Para finalizar a atividade, o professor fará breves comentários:

- Que não há nada de diferente com o próprio relógio em movimento, ele simplesmente marca o ritmo de um tempo diferente. Quanto mais rápido um relógio se movimenta, mais lentamente ele parece funcionar quando visto por um observador que não se move junto com ele;
- As medidas realizadas em uma região do espaço-tempo não precisa concordar com as medições realizadas em outra região;
- A única medição a qual todos concordam é a rapidez da propagação da luz.

Para que os alunos compreendam e consigam aplicar esses conhecimentos em outras situações, será fornecido uma lista de exercício sobre simultaneidade e dilatação do tempo (apêndice A1, p. 94). Dependendo do contexto e do desenvolvimento da atividade, o professor poderá alterar a lista.

Avaliação: a avaliação será dividida em duas partes: uma será sobre a participação dos alunos ao longo desta etapa, a qual consiste nas conversas sobre os conceitos, os levantamentos de questionamentos, o trabalho deles nos grupos, as atitudes deles, enfim, na participação em geral deles ao longo desta etapa. A outra parte será sobre como os alunos estão elaborando a tabela, o gráfico e quais são suas respostas para as questões, não é necessário que estas estejam corretas, mas o aluno deve pelo menos ter tentado resolvê-las. Assim, o professor deverá atribuir uma nota para cada aluno fazendo a média das duas etapas de avaliação.

4º ETAPA

Objetivo: Fazer a construção do conhecimento sobre o famoso paradoxo dos gêmeos.

Duração: 1,5 aula (aproximadamente 50min)

Conteúdo: Adição de velocidade e Paradoxo dos Gêmeos

Antes de começar a atividade sobre adição de velocidade e paradoxo dos gêmeos. Sugere-se que o professor disponibilize alguns minutos para a correção e explicação dos exercícios da lista de simultaneidade e dilatação do tempo. Neste momento, é primordial o professor ficar atento nas aprendizagens e nas dificuldades dos alunos, pois só assim ele saberá qual será a ajuda necessária que cada aluno deve ter.

Atividade 4: Revisando as diferenças de idade dos gêmeos

Metodologia: A proposta desta atividade é o professor, primeiramente, explicar sobre a adição de velocidade, demonstrar que quando se está em altas velocidades, ou seja, próximo a velocidade da luz, trabalha-se com a adição de velocidades relativísticas ou transformações relativísticas de velocidade, é fundamental o professor explicar claramente a equação, além de comentar sobre as viagens espaciais, explicar sobre a relação ano-luz.

Depois disso, o professor irá voltar na atividade 1, mas agora com o conteúdo já explicado e com todos os alunos tendo o conhecimento sobre ele. Sugere-se que o professor não deixe nenhum aluno com dúvida sobre os conceitos já explicados. Os alunos em grupo deverão explicar o porquê dos gêmeos, Adam e Sheldon, terem idades diferentes. Posteriormente, cada grupo apresentará as suas explicações. Se algum grupo falar algo errado, então o professor deverá apresentar os erros e orientá-los com a resposta correta.

Para que os alunos tenham uma compreensão mais clara do paradoxo dos gêmeos, o professor a passará o vídeo “Teoria da Relatividade e o Paradoxo dos Gêmeos - Legendado (https://www.youtube.com/watch?v=azt7n_wjdDQ), o vídeo tem duração de 4:08.

Avaliação: a avaliação será sobre a participação de cada aluno na atividade. O professor tem que fazer com que todos os alunos compreendam a velocidade relativística, além de conseguir expressar de forma coerente uma explicação do artigo da atividade 1, pois só assim o professor saberá quais são as limitações e dificuldades dos alunos, com isso, poderá dar a ajuda necessária para cada um deles. Com isso, cada aluno terá uma nota de sua participação.

5º ETAPA

Objetivo: os alunos perceberem que além do tempo, as medidas dos comprimentos dos objetos próximos a velocidade da luz também sofrem alterações.

Duração: 2 aulas (aproximadamente 50 min cada)

Conteúdo: Contração do comprimento

Atividade 5: Contraindo a bola

Metodologia: A aula começa com a explicação do conceito de contração do comprimento, no qual corpos em movimento sofrem uma contração do tamanho na direção desse movimento em relação ao tamanho medidos em repouso (tamanho original). Posteriormente, o professor propõe uma atividade.

No momento da explicação da fórmula, $\Delta L = \Delta L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ou $\Delta L = \Delta L_0 \gamma^{-1}$, o professor tem que ser bem claro, deve fazer com que todos os alunos compreendam a equação, para assim poder prosseguir a atividade. A atividade consiste que os grupos respondam um questionamento.

Temos uma bola de 20 cm, ela está viajando próximo a velocidade da luz. Assim, complete a tabela abaixo com os valores γ^{-1} (lembrando que γ é o fator de Lorentz) e encontre qual será a contração que a bola sofrerá para cada velocidade. Depois dos calculados, represente na forma de desenho as bolas correspondentemente a cada velocidade. Por fim, reflita sobre a questão: Se a bola estivesse na velocidade da luz, qual será seu comprimento?

v	γ^{-1}	$L = L_0 \gamma^{-1}$	L
0	<u>1</u>	$L = L_0 1$	<u>20 cm</u>
0,25c	<u>0,968</u>	$L = L_0 0,968$	<u>19,36 cm</u>
0,5c	<u>0,866</u>	$L = L_0 0,866$	<u>17,32 cm</u>
0,87c	<u>0,49</u>	$L = L_0 0,49$	<u>9,8 cm</u>
0,995c	<u>0,0998</u>	$L = L_0 0,0998$	<u>1,996 cm</u>
0,999c	<u>0,0447</u>	$L = L_0 0,0447$	<u>0,894 cm</u>

Abaixo está representado o desenho da bola com alguns valores da velocidade para o(a) professor(a) fazer a comparação:

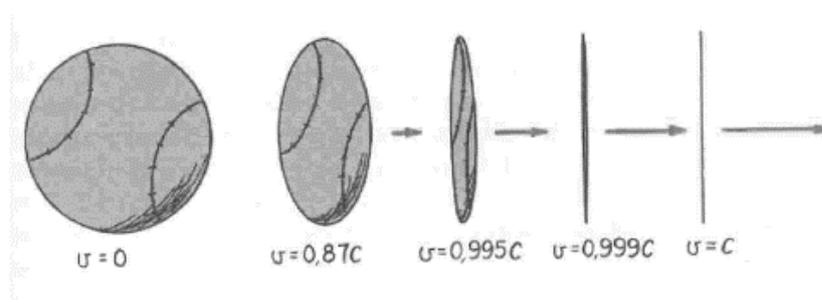


Figura 2. Representação da contração do espaço.

O importante nesta etapa é o professor estar atento se os alunos estão conseguindo acompanhar o desenvolvimento da atividade, principalmente dando apoio para a realização dos cálculos e na reflexão sobre a questão proposta, pois cada aluno tem sua própria aprendizagem e dificuldade, assim o professor terá o papel de mediador.

Para que os alunos compreendam e consigam aplicar esses conhecimentos em outras situações, será fornecido uma lista de exercícios sobre a contração do espaço (apêndice A2, p. 95). Dependendo do contexto e do desenvolvimento da atividade o professor poderá alterar a lista.

Avaliação: a avaliação será dividida em duas partes: uma será sobre a participação dos alunos ao longo desta etapa, a qual consiste das conversas sobre os conceitos, dos levantamentos de questionamentos, do trabalho deles nos grupos, das atitudes deles, enfim, da participação em geral deles ao longo desta etapa. A outra parte será sobre como os alunos estão elaborando a tabela, o desenho e qual a suas respostas sobre a questão para refletir, não é necessário que estas estejam corretas, mas o aluno deve pelo menos ter tentado resolvê-las. Assim, o professor deverá atribuir uma nota para cada aluno fazendo a média das duas etapas de avaliação.

Atividade 6: Mapa Conceitual

Para finalizar, o professor explicará a atividade que será mais um dos métodos avaliativos. Esta atividade deverá ser realizada em dupla, pois o objetivo é que o professor observe a aprendizagem e a dificuldade de cada aluno, só assim saberá se as aulas foram significativas, e, se algo ainda não está legal poderá modificar com o intuito que todos consigam fazer a construção do conhecimento. A atividade consiste em cada dupla montar um mapa conceitual sobre a Teoria da Relatividade Restrita. Esses mapas serão apresentados na próxima aula.

6º ETAPA

Objetivo: compreender a equação $E = mc^2$

Duração: 2 aulas (aproximadamente 50min cada)

Conceitos: Energia relativística e apresentação dos mapas conceituais

Antes de começar a atividade sobre a energia relativística e as apresentações dos mapas conceituais, o professor terá que disponibilizar alguns minutos para a correção e explicação dos exercícios da lista de contração do espaço. Nesse momento, é primordial o professor ficar atento as aprendizagens e as dificuldades dos alunos, pois só assim ele saberá qual será a ajuda necessária que cada aluno deve ter.

Atividade 7: Energia Relativística

Metodologia: Para a abordagem da energia relativística, o professor cola uma folha no quadro negro com a equação $E = mc^2$ escrita ou escreve na lousa. Em seguida, questionará os alunos sobre o que sabem sobre essa equação. Os alunos não precisam saber a teoria ou explicar detalhadamente o conceito, mas eles podem falar o que acham que é essa equação, se eles já a viram em algum lugar, se alguém já mostrou, enfim, os alunos ficam à vontade para se expressarem sobre a equação. Esses comentários serão escritos no quadro negro. Depois que todos os alunos falarem algo, o professor lerá cada um e o explicará, mesmo que os comentários estiverem errados, caberá ao professor explicar o porquê estar errado. Em toda a dinâmica o professor e os alunos deverão se comunicar, só assim o professor saberá ajuda-los com suas dificuldades, além disso ele deverá instigar a participação de todos.

Depois desta dinâmica, o professor deverá explicar o conceito de energia relativística. Como sugestão de leitura, para o professor poder se aprofundar no conceito de energia relativística, é recomendado a leitura do artigo da Fernanda Ostermann (2004) “Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física”, no qual a autora faz uma análise crítica das abordagens desses conceitos em diversas obras.

Depois da apresentação do conceito sobre a energia relativística e dos esclarecimentos das dúvidas, segue as apresentações dos mapas conceituais. Nestas apresentações o professor deve enfatizar a atenção nas organizações das ideias dos conceitos. Deverá analisar se os alunos colocaram de forma correta os conceitos, a ordem em que foram colocados, a apresentação do grupo, as falas dos alunos. Nesta atividade o professor terá a intuito de conhecer quais são os conhecimentos que os alunos tiveram e quais os conhecimentos que ainda precisam ser melhorados, ou seja, será nesse momento que ele saberá se os conceitos foram significativos para cada aluno, se alguns ou todos ainda estão com dúvida. Caso ainda os alunos tenham dúvidas, caberá ao professor sanar essas dúvidas.

Avaliação: a avaliação será sobre a participação de cada aluno na atividade. O professor tem que fazer todos os alunos expressarem seus conhecimentos sobre a energia relativística, pois só assim saberá quais são as limitações e dificuldades dos alunos, com isso, poderá dar a ajuda necessária para cada um deles. Assim, cada aluno terá uma nota de sua participação.

7º ETAPA

Objetivo: avaliar os alunos através de uma prova

Duração: 1 aula (aproximadamente 50min)

Atividade 8: Prova

Metodologia: A última etapa da sequência consiste em os alunos realizarem uma prova, mas a prova é destinada para os alunos que ainda estão com dificuldade, esta prova será um desafio que eles devem passar, mas deve ser um desafio alcançável. Para os outros alunos, o professor também pode propor uma prova, mas essa prova não poderá ter o mesmo nível que as outras, pois o professor sempre tem que propor desafios para os alunos, então, não só nesta última etapa mas em todas, as atividades devem ser um desafios alcançáveis para todos os alunos.

Como sugestão de vídeos:

- TEORIA DA RELATIVIDADE - O ESPAÇO 1.avi
(<https://www.youtube.com/watch?v=z5s9CZEzdcA>);
- A serie COSMO;
- Albert Einstein - Teoria da Relatividade - Dublado - Completo - Sem Cortes
(https://www.youtube.com/watch?v=MdblXZTZpmw&list=PLyXiacVksqHcDH0_hkex92asryJnk549s)

Apêndice A1: Lista de Exercícios de Simultaneidade e Dilatação do Tempo

Nome: _____ série: _____ data: _____

- 1) (UEL-PR) A teoria da relatividade restrita, proposta por Albert Einstein em 1905, é revolucionária porque mudou as ideias sobre espaço e o tempo, mas em perfeito acordo com os resultados experimentais. Ela é aplicada, entretanto, somente a referenciais inerciais. Sobre referenciais inerciais, considere as seguintes afirmações:
- I) São referenciais que se movem, uns em relação aos outros, com velocidade constantes.
 - II) São referenciais que se movem, uns em relação aos outros, com velocidade variável.
 - III) Observadores em referenciais inerciais diferentes medem a mesma aceleração para o movimento de uma partícula.

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas a afirmativa I é verdadeira
 - b) Apenas a afirmativa II é verdadeira
 - c) As afirmativas I e II são verdadeiras
 - d) As afirmativas II e III são verdadeiras
 - e) As afirmativas I e III são verdadeiras X
- 2) (UEMS) Sabendo que 1 ano-luz é a distância percorrida pela luz em 1 ano, calcule a ordem de grandeza dessa distância. Dados: a velocidade da luz no vácuo é de aproximadamente 300000 km/s.
- a) 10^{12} m
 - b) 10^{14} m
 - c) 10^{16} m X
 - d) 10^{18} m
 - e) 10^{20} m
- 3) Uma pessoa parte em uma viagem espacial de 10 anos com velocidade de 70% da velocidade da luz. Após encerrar essa viagem, quanto tempo terá transcorrido para uma pessoa em repouso em relação à Terra? *14 anos*
- 4) Mostre que para pequenas velocidades ($v \ll c$) os intervalos de tempo medidos por dois observadores um em movimento uniforme e outro em repouso em relação a Terra, são iguais?
- 5) Paulo e Carlos são irmão gêmeos. Há 25 anos, Paulo partiu para uma missão espacial a bordo de uma nave, viajando a uma velocidade de 200000km/s. Quando retornou a Terra, encontrou Carlos com 85 anos de idade. Qual a idade real de Paulo ao retornar a Terra? *69,7 anos*

Apêndice A2: Lista de Exercícios sobre contração do espaço

Nome: _____ série: _____ data: _____

- 1) Uma nave espacial possui 10 m de comprimento quando ela está em repouso na Terra. Com a nave em movimento com velocidade v igual a 80% da velocidade da luz, um observador fixo na Terra, dispondo de aparelhagem adequada, efetua a medida do comprimento da nave.
 - a) Qual é o resultado obtido pelo observador fixo na Terra? *6 m*
 - b) Qual é o comprimento da nave medido por um tripulante da nave? *10 m*

- 2) Um painel de propaganda tem formato retangular com 5 m de comprimento e 3 m de altura. Para que o formato desse painel pareça quadrado para um viajante espacial, este deverá estar em movimento:
 - a) Em uma direção paralela ao lado mais curto do painel
 - b) Em uma direção paralela ao lado mais comprido do painel *X*
 - c) Em uma direção perpendicular ao lado mais comprido do painel
 - d) Em qualquer direção

- 3) Num acelerador de partícula, elétrons com velocidade $v = 0,999975c$ percorrem um trecho de um tubo de 3,2 km de comprimento. Para os elétrons, qual é o comprimento desse trecho de tubo? *$\cong 22,63 m$*

- 4) Uma espaçonave é enviada para uma estação espacial com velocidade constante de 80% da velocidade da luz, em relação à Terra, transportando um astronauta. Em relação a espaçonave, o tempo transcorrido entre lançamento e a chegada na estação espacial foi de 3 anos. Qual é o tempo transcorrido considerando o referencial da Terra? *5 anos*

- 5) Suponha que uma barra de 1000 m de comprimento, em repouso, se desloca em relação à Terra com velocidade igual a 90% da velocidade da luz (3×10^8 m/s). Dê as respostas em porcentagem. De quanto seria a contração da barra numa direção:
 - a) Perpendicular à de movimento? *0%*
 - b) Paralela à velocidade? *56,4%*

Apêndice A3: Prova de Física – Teoria da Relatividade Restrita

Nome: _____ série: _____ data: _____

Dados: velocidade da luz – 3×10^8 m/s

- 1) Considere as seguintes grandezas:
 - I) O tempo gasto entre dois acontecimentos
 - II) A velocidade da luz no vácuo
 - III) O comprimento de navio
 - IV) A velocidade relativo entre dois carros

Quais dessas grandezas tem o mesmo valor quando medidas por dois observadores, qualquer que seja a velocidade relativa entre eles? *II) a velocidade da luz no vácuo*

- 2) (UFRN) Nos dias atuais, há um sistema de navegação de alta precisão que depende de satélites artificiais em órbita em torno da Terra. Para que não haja erros significativos nas posições fornecidas a esses satélites, é necessário corrigir relativisticamente o intervalo de tempo medido pelo relógio de cada um desses satélites. A teoria da relatividade restrita prevê que, se não for feito esse tipo de correção, um relógio a bordo não marcará o mesmo intervalo de tempo que outro relógio em repouso na superfície da Terra, mesmo sabendo-se que ambos os relógios estão sempre em perfeitas condições de funcionamento e foram sincronizados antes de o satélite ser lançado. Se não for feita a correção relativística para o tempo medido pelo relógio a bordo:
 - a) Ele se adiantará em relação ao relógio em terra enquanto ele for acelerado a Terra
 - b) Ele ficará cada vez mais adiantado em relação ao relógio em terra
 - c) Ele se atrasará em relação ao relógio da terra durante metade de sua órbita e se adiantará durante a outra metade da órbita
 - d) Ele ficará cada vez mais atrasado em relação ao relógio em terra X

- 3) Qual a quantidade de energia equivalente a 40g de uma barra de chocolate? $3,6 \times 10^{15} J$

- 4) Calcule quantos joules são necessários por quilograma de massa de repouso para acelerar um foguete até ele atingir a velocidade de $0,98c$. $3,6 \times 10^{17} J$

- 5) Qual é a velocidade do sinal luminoso emitido pelo piscar de um farol de automóvel quando este se encontra a 180 km/h ? $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

- 6) Considere um avião munido de um canhão com mira a laser, voando com velocidade constante de 1000 m/s . O canhão dispara um projétil com velocidade 2000 m/s no mesmo sentido do movimento do avião e a mira dispara um raio de luz laser com velocidade $3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Após o disparo, qual é a velocidade do projétil e o do raio laser, ambas em relação ao solo? *Projétil 3000 m/s e laser $3 \times 10^8 \text{ m/s}$*

Anexo A1: Artigo de Wladimir Seixas: O princípio da relatividade – de Galileu a Einstein

SEIXAS, W. O princípio da Relatividade – de Galileu a Einstein. **Revista Brasileira de História da Matemática**, v. 5, n. 10, p. 43-56, março 2005.

APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa **Uma proposta de sequência didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita: perspectivas e avaliações dos professores de Física do Ensino Médio**. Essa pesquisa tem como objetivo geral: a elaboração de uma sequência didática sobre a Teoria da Relatividade Restrita e averiguar quais são as avaliações e contribuições dos professores do Ensino Médio sobre a sequência para a sua adequação; e objetivo específico: analisar se os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea são abordados em sala de aula, quais os métodos que os professores utilizam em sua abordagem, verificar se existem limitações enfrentadas pelos professores relacionadas a essas abordagens e analisar se os professores se sentem preparados para ministrar conteúdos de FMC. Com isso, a pesquisa tem como questão de pesquisa: **Por meio das avaliações dos professores de Física do Ensino Médio, quais são as possíveis contribuições e limitações da sequência didática proposta para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita?**

Você foi selecionado, por ser professor (a) que ministra a disciplina de Física no Ensino Médio. Sua participação nesta pesquisa consistirá: numa entrevista, na qual será o primeiro contato da pesquisadora; a entrega da sequência junto com um quadro que contém questões norteadoras para orientá-lo na análise da sequência, algumas dessas questões são propostas por Zabala (1998, p. 63-4), sendo os itens fundamentais quando queremos saber se as atividades de uma sequência alcançam os objetivos previstos para promover a aprendizagem; e, para finalizar uma última entrevista, que será uma conversa com o objetivo de proporcionar um levantamento de mais informações, na qual você poderá se expressar, falar suas opiniões, dar sugestões para o melhoramento da sequência. As etapas de diálogos serão gravadas e depois transcritas para a análise. Sua participação não é obrigatória, podendo se recusar ou sair da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer prejuízo.

As informações obtidas através dessa pesquisa são confidenciais. Asseguramos que sua identidade será preservada e a divulgação dos dados não possibilitará a quebra deste compromisso.

Você receberá uma cópia deste termo. No caso de quaisquer dúvidas no que se refere à pesquisa ou ao teor de sua participação, agora ou a qualquer momento, por favor sinta-se livre para nos contatar: Carla Fernanda Batista (carla_batista12@hotmail.com), Alexandre Colato –

orientador – (colato@cca.ufscar.br) e Nataly Carvalho Lopes – co-orientadora – (natalylopes@cca.ufscar.br).

Sujeito de Pesquisa

Carla Fernanda Batista

Alexandre Colato

Nataly Carvalho Lopes

APÊNDICE C: ENTREVISTAS DOS PROFESSORES

Etapa 1

Professor 1 (P1)

1. Qual é a sua formação Formação?

P1: Sou formada em Matemática. Leciono Física e Matemática.

2. Quanto tempo leciona a disciplina de física?

P1: Desde que me formei. Desde 2004.

3. Você acha viável a inserção da FMC no EM? Por que?

P1: Sim, eu acho. Um tema muito interessante e que é muito discutido na TV. E os alunos... nós (professores) precisamos levar isso para a sala de aula, para eles... não acreditar em tudo que fala na TV, né e sim para eles fazerem um julgamento do que é real ou não.

4. Você concorda em inserir a TRR no EM? Por que?

P1: Olha, como a FM já é um assunto muito... que nem todos os professores trabalham, eu acho que a gente deve sim inserir. Como posso explicar... mas uma coisa de cada vez, para eles (alunos) não se perderem muito e ... em todo o assunto e ir passo e passo com eles, ir devagar...ir devagar, inserindo sim, não deve de deixar de trabalhar.

5. Você se considera apto a ministrar conteúdos de FMC para o EM? Por que?

P1: Agora eu me sinto. Quando eu comecei, minha formação era em matemática e ... cada vez que participava de uma atribuição, quando chegava na minha vez só tinha aula de física para trabalhar eu me arrepiava!!! e ... como a Matemática e a Física .. eu tinha essas duas opções, eu tinha que aceitar. Eu comecei a gostar da Física a partir daí. Então quanto mais fui me interessando pela física, quando mais fui me preparando. Hoje eu me sinto muito preparada sim, para trabalhar Física com os alunos

C: tanto a FC quanto a FMC.

P1: sim, qualquer uma. Eu tento envolve-los (alunos) e..... eu falo que a Física está em tudo em nossa vida.

C: você conciliar o cotidiano deles com a física?

P1: isso, isso eu falo oh, isso tá nisso em vocês, então onde vocês vão usar.. vocês usam todo tempo em alguma coisa.

6. Você aborda atualmente algum conteúdo de FMC em sala?

P1: Sim, não só em Física, quando estou trabalhando Matemática, as vezes eu quero porque a Física prova muitas coisas, a Matemática comprova através dos cálculos.

C: quais são os tópicos que você trabalhar. Os tópicos da apostila ou você leva os tópicos?

P1: levo alguma coisa da.... do que está acontecendo, de repente que não está na apostila, alguma coisa que aconteceu, que surgiu de repente, né. Nesse período que não tá... já levo como curiosidade, as vezes mesmo os alunos mesmo perguntar.... já vem questionando.

C: como são suas metodologias para abordar esses conteúdo?

P1: procuro sempre ... além da apostila, sempre pesquiso outras formas de trabalhar, as vezes um experimento ... e ... as vezes vamos para a sala de informática fazer pesquisa ... eu não fico ligada na apostila, a apostila é só um norte, então a partir dali a gente vai abrindo os horizontes.

C: você sente alguma limitação para a abordagem da FM?

P1: limitação ... limitação não, eu sinto as vezes alguma dificuldade por alguns alunos dentro da sala. Porque você prepara uma coisa tão legal, tão gostosa ... quando você chega na sala, a gente se depara com algumas condições e ... esse é o problema.

C: quanto a nenhuma limitação?

P1: não.

7. Seus alunos possuem algum tipo de conhecimento sobre FMC?

P1: quando eu chego na sala para trabalhar o conteúdo da apostila de FM, algumas coisas eles já ouviram dizer, mas não é na escola

C: você sabe onde eles adquirirem o conhecimento?

P1: na TV, virão na internet ou viu no jornal falar alguma coisa ... mas você sabe o que é isso?, ele falam que ouviram, mas não sabe para que serve. Algumas coisinhas eles sabem, não é tudo.

8. Você acha que seus alunos se interessam pela TRR?

P1: Eles ... quando se interessam e que de repente e ... por exemplo, a gente nunca sabe tudo e nunca vai saber tudo, a gente está sempre estudando, ainda mais na Física, que está sempre evoluindo. De repente o que fica vago na sala de aula, eu falo que vou pesquisar, mas eu quero que vocês busquem também ... então eu vou buscar, vocês busquem, aí a gente trás e um complementa o outro. Eu conto sempre para eles, eu não sei mais que eles e eles não sabe mais que eu, a gente sabe de coisas diferentes. Então quando a gente juntam as informações, a gente cresce.

9. Você dispõe de materiais didáticos adequados para ministrar conteúdos na sua sala?

Quais? Algum deles contém FMC?

P1: livros didáticos, apostila (currículo de São Paulo), tem o laboratório de física que pode trabalhar tem bastante coisa, laboratório de informática.

C: algum contém FMC?

P1: a apostila contém FM, mas é no final da apostila. Eu acho que muito professor, não consegue chegar nesse último tópico. Eu corro um pouquinho pra chegar, porque eu acho muito interessante o assunto e acho que devem saber.

10. Você utiliza livros didáticos? Esses livros abordam tópicos de FMC?

P1: utilizo ...

C: você acha esses livros, apostila adequados?

P1: os livros ... sim, tudo é valido para ampliar seu conhecimento.... eu gosto muito de trazer aula preparada, assim.... pesquisa muito em internet, em artigo que são confiáveis. Então, trago muita aula sobre artigo, vejo que eles são "reais" mesmo... e aí dá para fazer uma aula diferente, sempre avança as curiosidade deles (alunos)

11. Se você tivesse um material adequado para trabalhar a TRR no EM, você abordaria?

P1: claro que abordaria. Aplicaria.

C: hoje você aborda a teoria?

P1: então, como disse ... como ele é o final não dá tempo, então a gente precisa dar uma enxugada ou inverter alguma conteúdo. Tem professor aqui na escola, que o ano passado, que ele invertia a apostila, trabalhava a apostila dois no primeiro semestre e a apostila um no segundo. Só que há um problema, porque as provas que vem da diretoria de ensino é referente a primeira apostila, então quando é feito essa avaliação, eles (alunos) não estão preparados, então eles (professores) precisava trocar isso ... mas a gente aplica sim até o ponto que dá, porque cada aluno aprende num tempo, então não pode correr muito, né... a gente sempre está indo e voltando.

Professor 2 (P2)

1. Qual é a sua Formação?
P2: Física e Pedagogia
2. Quanto tempo leciona a disciplina de Física?
P2: 10 anos
3. Você acha viável a inserção da FMC no EM? Por que?
P2: acho, porque acho que vai ampliar o conhecimento do aluno, principalmente nessa parte que envolve muita da Ciência da Tecnologia de hoje.
4. Você concorda em inserir a TRR no EM? Por que?
P2: depende. Vai depender da sala de aula.
C: vai depender do contexto da sala?
P2: do contexto da sala. Se a sala vai ... responder a esse conteúdo. Se responder, aí a gente insere a restrita, se não uma geral da FM.
C: uma contextualização do que que é, não trazendo um conteúdo específico
P2: exatamente... é
5. Você se considera apto a ministrar conteúdos de FMC para o EM? Por que?
P2: sim
C: você teve ele na sua formação?
P2: tive
6. Você aborda atualmente algum conteúdo de FMC em sala?
P2: sim
C: quais?
P2: a gente tem o caderno do aluno, que é referente ao 3º ano do EM e no último bimestre vem certinho que temos que abordar.
C: você só aborda os conteúdos que está lá (caderno)?
P2: só os conteúdos que está no caderno do aluno.
C: qual a sua metodologia? Você só faz o que o caderno trás?
P2: faço o que o caderninho pede e ai a gente traz vídeo para ampliar mais os conhecimentos deles(alunos), para mostrar um pouco mais sobre o tema ... artigo também.
7. Seus alunos possuem algum tipo de conhecimento sobre FMC?
P2: não
C: nenhum questiona o porquê?
P2: o que eles vem questionar muito sobre o universo. Mas não especificamente a TRR.
8. Você acha que seus alunos se interessam pela TRR?
P2: não
9. Você dispõem de materiais didáticos adequados para ministrar conteúdos na sua sala?
Quais? Algum deles contém FMC?
10. Você utiliza livros didáticos? Esses livros abordam tópicos de FMC?
P2: sim, os caderno do aluno do SP. Porque no nosso livro didático também vem, mas o tempo que temos das aulas não dá para ficar muito tempo no livro didático mais o caderno do aluno. Então a gente fica mais no caderno do aluno, porque já tem as atividades especificas para eles (alunos) pesquisarem, para eles resolverem, então a gente fica mais no caderno do aluno.

C: o material é adequado?

P2: acho, ele é bem amplo. Acho legal sim o material.

11. Se você tivesse um material adequado para trabalhar a TRR no EM, você abordaria?

P2: ai a questão do depende! Se a sala responder-se a esse conteúdo, ai sim. E se o tempo também fosse hábil, porque a gente tem 2 aulas por semana, nem sempre dá tempo da gente trabalhar todo o conteúdo que é exigido, né. Se der tempo sim, com certeza.

Professor 3 (P3)

1. Qual é sua Formação?

P3: licenciatura em Física

2. Quanto tempo leciona a disciplina de física?

P3: de Física a três anos, mas sou formada a sete anos

3. Você acha viável a inserção da FMC no EM? Por que?

P3: Acho que sim, mas com os alunos que nós temos hoje inseridos na escola, eu não sei se é muito viável para isso.

4. Você concorda em inserir a TRR no EM? Por que?

P3: seria a mesma opinião do outro.

C: então atualmente não seria necessário?

P3: não é que não seja necessário, eu acho que com os alunos que nós temos hoje, não são todos que estão interessados em querer aprender esse conteúdo.

5. Você se considera apto a ministrar conteúdos de FMC para o EM? Por que?

P3: sinceramente não, porque como falei para você faz três ano que estou lecionando Física, mas é o primeiro ano que realmente to trabalhando com 2º e 3º anos do EM. Trabalhei por dois anos só no 1º ano. Então esse ano estou meio ... se adaptando com os conteúdos de 2º e 3º ano.

6. Você aborda atualmente algum conteúdo de FMC em sala?

P3: Não. As limitações são porque não trabalhava com 2º e 3º anos

C: você vê alguma outra limitação de não trabalhar, tirando que os alunos não se interessam?

P3: dai, acho mais a infraestrutura que nós temos hoje na educação. Porque para isso, nós temos que mostrar não só falar ... nós temos que abordar vários ... vídeos, vamos falar assim, colocar a mão na massa e a limitação na escola do Estado é ... complicado é bem limitado.

7. Seus alunos possuem algum tipo de conhecimento sobre FMC?

P3: Não, raramente. De trinta, um veio perguntar alguma coisa a mais que estamos discutindo.

C: essas informações eles (alunos) vem perguntar para você, ele pega da onde?

P3: mas assim da internet. O que ouve daí vem questionar o que está acontecendo ... é isso mesmo

8. Você acha que seus alunos se interessam pela TRR?

P3: não, não sei porque comecei agora com os 3º anos.

9. Você dispõem de materiais didáticos adequados para ministrar conteúdos na sua sala?

Quais? Algum deles contém FMC?

P3: livros didático, site científico, a gente tem que ficar atualizado do que está acontecendo, mesmo sendo Física.

C: você trabalha a apostila também?

P3: a apostila do estado (SP).

C: nesses materiais tem conteúdo de FMC?

P3: FM, não lembro, não cheguei ainda. Mas no 3º ano tem no final da apostila.

10. Você utiliza livros didáticos? Esses livros abordam tópicos de FMC?

P3: como não cheguei lá, ainda não sei

11. Se você tivesse um material adequado para trabalhar a TRR no EM, você abordaria?

P3: e agora, difícil falar que sim ou não. Porque, como falei para você depende do aluno.

C: depende da turma?

P3: exatamente. Então se a gente tem o material, suporte ... acho que a gente andaria tranquilo, conseguiria sim abordar.

C: daí você abordaria se tivesse o material?

P3: exatamente.

Professor 4 (P4)

1. Qual é a sua Formação?

P4: Licenciatura em Física, tenho especialização em ciência e tecnologia e faço mestrado em Matemática.

2. Quanto tempo leciona a disciplina de física?

P4: comecei em 2009, só que eu era eventual. Física foi em 2013 ... vai completar 4 anos

3. Você acha viável a inserção da FMC no EM? Por que?

P4: eu acho que sim, porque tem muita coisa da nossa tecnologia que depende da FM. Então você pega o LCD, TV de plasma, GPS, tanto é que seu tema o GPS usa muito da TRR também. Então dá, porque dá para contextualizar também.

4. Você concorda em inserir a TRR no EM? Por que?

P4: talvez, pela já quantidade de conteúdo que tenha, porque já tem muito conteúdo e já não dá tempo de passar. Esse conteúdo já está fora do currículo (SP) e se colocar mais um conteúdo ainda ... vai juntar mais ainda.

5. Você se considera apto a ministrar conteúdos de FMC para o EM? Por que?

P4: sim, eu gosto desse conteúdo

C: você teve ele na graduação?

P4: tive

C: então qualquer conteúdo, se entrar hoje no currículo um conteúdo de FMC, você iria abordar normalmente?

P4: é um tema que gosto. Estou sempre lendo.

6. Você aborda atualmente algum conteúdo de FMC em sala?

P4: não, não abordo, porque está fora do currículo e por falta de tempo mesmo.

C: que esses são as limitações?

P4: é. Apesar que durante as aulas surge alguma outra pergunta, quando a gente fala também da maior velocidade, que é a velocidade da luz....

7. Seus alunos possuem algum tipo de conhecimento sobre FMC?

P4: alguns se interessa pelo assunto. Já até trazem pergunta na sala

C: onde você acha que eles adquirem esse conhecimento?

P4: eu acredito que na mídia, vendo documentário ... serie

8. Você acha que seus alunos se interessam pela TRR?

P4: sim, alguns já perguntaram. Fazem até pergunta que a gente tem que responder por isso daí.

9. Você dispõe de materiais didáticos adequados para ministrar conteúdos na sua sala?
Quais? Algum deles contém FMC?

10. Você utiliza livros didáticos? Esses livros abordam tópicos de FMC?

P4: a apostila (currículo de São Paulo) e o livro, ou passa algum vídeo que pego do youtube, da internet.

C: alguns contém os conteúdos de FM?

P4: só o livro didático, a apostila traz, 3º ano, volume 2.

C: esses materiais são adequados?

P4: eu gosto ... eu acredito que sim. O livro tem que trabalhar mais com calma, porque entra muito em conta, conta, conta ... e os alunos tem muita dificuldade na Matemática, então esse é o problema. A apostila já é bem contextualizada, tem algumas atividades interessantes.

11. Se você tivesse um material adequado para trabalhar a TRR no EM, você abordaria?

P4: se fosse algo, se lá, para duas ou três aulas. Se não fosse comprometer os outros conteúdos ... eu abordaria.

C: mas se comprometer, você não abordaria? Mas você não abordaria, porque não está no currículo ou

P4: porque não está no currículo ... porque para eu abordar vou ter que deixar alguma coisa do currículo de fora, e isso pode cair no ENEM ou pode cair no Saesp, que vai fazer falta para eles(alunos). Então só por isso mesmo, mas que fosse algo de duas ou três aulas...

Professor 5 (P5)

1. Qual é sua Formação?

P5: sou formada em ciência com habilitação em Matemática

2. Quanto tempo leciona a disciplina de física?

P5: 20 anos

3. Você acha viável a inserção da FMC no EM? Por que?

P5: tem ... as vezes sim... eu sinto dificuldade, como sou professora de Matemática, eu não tenho tanta habilidade quanto o professor formado em Física.

C: mas inserir ele no currículo, na sala de aula ... atualmente... vc acha é importante inserir? Por que?

P5: lógico... sim muito viável. Porque é o que está na realidade, o que aparece ai né... o aluno é curioso, ele quer saber né, então a gente tem que estar sempre trazendo a realidade dele, para ele estar dentro do contexto da sociedade.

4. Você concorda em inserir a TRR no EM? Por que?

P5: eu não tenho muito conhecimento tá... vou ser sincera. Eu tenho que estudar para depois te responder.

5. Você se considera apto a ministrar conteúdos de FMC para o EM? Por que?

P5: hoje não. Teria que estudar bastante.

C: vc não teve ele na graduação?

P5: não, não tive na época de fiz faculdade.

6. Você aborda atualmente algum conteúdo de FMC em sala?

P5: não, não abordo.

C: você nem chega a entrar ...

P5: não

C: porque você não entra? Você não sabe ou porque o currículo não tem ou não dá tempo?

P5: um eu acho assim ... falta de tempo e outra o tempo de aula de Física e muito muito pequeno é duas aulas por semana, não dá para dar nem o conteúdo que é pedido no currículo você nunca chega, se nunca aborda todo o conteúdo... Física sempre fica com a penga....

7. Seus alunos possuem algum tipo de conhecimento sobre FMC?

P5: ele tem ... aparece com algumas perguntas, com curiosidades. Daí eles pesquisam, eu também procuro... e a gente vai conversando.

8. Você acha que seus alunos se interessam pela TRR?

P5: não, para mim não.

9. Você dispõe de materiais didáticos adequados para ministrar conteúdos na sua sala?
Quais? Algum deles contém FMC?

P5: livro didático, procuro na internet, trago texto interessante ... eu uso bastante a internet para procurar ... para trazer atividade novas, exercícios novos.

C: esses materiais contém a FMC?

P5: alguns, muito pouco ... é tudo tradicional mesmo.

C: eles são adequados para a FMC?

P5: eu acho que não. Eu acho que é muito tradicional os livros.

10. Se você tivesse um material adequado para trabalhar a TRR no EM, você abordaria?

P5: abordaria, estudaria e abordaria ... logico que teria que estudar mais abordaria. Não tão profundamente quanto um formado em Física, mas traria para os alunos.

Etapa 3

P1 e P3

1	<p>A sequência apresenta uma organização clara, coerente e funcional? Comente. P1: sim, apresenta de forma clara, investigando em primeiro lugar o que os alunos sabem, o que eles trazem de conhecimento a respeito do assunto, e depois, uma sequência de atividades que envolve exposição, leitura, debate, pesquisa, exercício, sendo unidade básica no processo de ensino/aprendizagem, né... precisa esse envolvimento entre aluno/professore, aluno/aluno, e isso você deixou perfeito, bem colocado.</p>
2	<p>A sequência apresenta textos e atividades que colaboram com o debate sobre as repercussões, relações e a aplicação do conhecimento científico na sociedade? Fornecendo elementos para compreender as interações da sociedade e refletir sobre o cotidiano? Comente. P1: sim, a proposta apresenta tudo isso de forma clara, fornecendo elementos para compreensão da situações da sociedade e refletindo no dia-a-dia. A Física está em tudo... eu falo para os alunos, que a Física está em todos os lugares...</p>

	<p>C: umas das coisa que queria colocar na minha sequência era exatamente isso, eles terem aquilo que eles tem perto deles e tentar conciliar a realidade.</p> <p>P1: ... porque dá mais valor, da mais significado</p> <p>P3: eles sempre falam... pra que eu preciso aprender isso. Tem que relacionar mesmo com a vida... ta vendo aqui, isso que faz na sua casa ou que você vem aqui na escola... está tudo relacionado com a Física.</p>
3	<p>Os alunos têm a oportunidade de aprofundar seus conhecimentos sobre assuntos científicos e tecnológicos? Comente.</p> <p>P1: seria muito interessante que de fato eles soubessem de fato usar o celular, porque pra eles só é mensagens, facebook, whatsapp ... só rede social.</p> <p>P3: vou dá um exemplo, eles tem muita dificuldade em pesquisar sobre o assunto, tá ali escrito, pesquise sobre tal... eles não consegue. Eles não consegue usar essa tecnologia a seu favor.</p> <p>P1: mas o seu material desenvolve para que a gente possa ter ideias, né... porque as vezes você chega um uma ideia, dai vc depara com a realidade da sala de aula... é complicado</p> <p>C: ao longo da sequência não quis impor para o professor, fazer isso, isso e isso. Eu queria deixar meio que aberto, eu também sabia que cada sala é um caso, tem sala que demora mais. Então eu queria que o professor tivesse essa liberdade de colocar ou não mais coisas ... cada sala tem um tempo de aprendizagem</p> <p>P1: se você pegar uma sala... 1/3 você aproveita</p> <p>P1: respondendo à pergunta... sim, quando são oferecidos materiais rico em informações e em uma sequência para que possa aprofundar seus conhecimentos, o professor tem a tarefa de mostra o crescimento cognitivo e o amadurecimento pessoal dos alunos. E quando produzem situações certificar, o professor estão ali para reorganizar as ideias, fazer questionamento para que eles mesmo construa um aprendizado verdade.</p>
4	<p>A sequência promove a formação de um cidadão do século XXI, capaz de posicionar-se criticamente, ter autonomia de pensamento e capacidade de argumentação diante das contribuições e dos impactos da Ciência e da Tecnologia sobre a vida social? Comente.</p> <p>P1: sim e quando é disponibilizado um material para que os mesmo analisem, individual ou em grupo, o objetivo é formar mente que possam se criticar e não aceitar tudo que lhe é oferecido, questionarem o porquê... tendo que estar apto a resistir, criticar e distinguir o que está demonstrado e o que não está. O objetivo da Educação é criar pessoas capazes de fazer coisas e não simplesmente repetir o que outras gerações fez.</p>
5	<p>A sequência apresenta proposta de atividade que estimula a investigação científica (por meio da observação, experimentação, interpretação, comparação, análise, etc.)? Comente.</p> <p>P1: e para isso precisamos de disciplina ativa que aprendam a encontra coisas por si mesmo, e está é nossa maior dificuldade dentro da sala de aula, em meio a 30 alunos se encontramos 1/3 é muito.</p> <p>C: mas a sequência dá tudo isso?</p> <p>P1: a sequência está maravilhosa</p> <p>C: a aplicação que é o problema?</p> <p>P1: sim, a aplicação que é que você chega lá, você fala “vai ser a aula”. A SD, todos os dias... isso é maravilhoso</p> <p>P3: é o que a gente falou, a gente prepara, mas chega lá a realidade é outra.</p> <p>P1: aqui (sequência) está tão prático, tão claro, tão simples. A gente vai chegar eles vão olhar, nossa vai pegar muito rápido. Se fosse realmente isso que eles quisessem, todos.... ai seria maravilhoso.</p>
6	<p>As atividades estimulam a cooperação, criatividade, curiosidade e a imaginação? Essas atividades representam um desafio alcançáveis? Comente.</p> <p>P1: em um grupo, duas cabeça pensam melhor que uma... então o que um tem uma ideia o outro completa... eles podem debates essas ideias. O desafio maior da gente é todo dia travar essa guerra.</p> <p>P3: porque assim, curiosidade e imaginação eles tem de monte. São o que a gente falou, igual a tecnologia... eles não sabem usar, usar a criatividade que eles tem ... as vezes a gente olha</p>

	<p>pra eles, e eles falam alguma coisa, daí a gente pensa “da onde ele tirou”, a gente fica até perdido.</p> <p>P1: e também, através dos textos propostos eles podem ir além do cotidiano e o professor mediar essa aprendizagem. É um desafio todo dia trabalhar com esses alunos, é uma guerra travada dia-a-dia para um propósito que é de aprender, esta sequência está bem colocada e que atinge desde os mais desprovidos de algum conhecimento ou curiosidade até os mais ativos.</p>
7	<p>A sequência é motivadora, na qual os alunos sentem que estão conseguindo aprender e que seus esforços valem a pena? Isso ajuda os alunos a serem cada vez mais autônomos em suas aprendizagens? Comente.</p> <p>P1: a sequência é motivadora, pois já inicia colhendo informação sobre o que cada um sabe e depois lança um texto com um título super curioso que desperta o interesse de investigar o porquê.</p>
8	<p>A sequência apresenta a evolução histórica dos conceitos, citando os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados? Isso faz os alunos pensarem na Ciência como um campo de construção de conhecimento? Comente.</p> <p>P1: a sequência é muito eficiente, pois começa a investigação do currículo oculto e dá um passo a passo para a construção do conhecimento tratados durante a evolução histórica, fazendo os alunos a pensarem na ciência como um campo de construção do conhecimento, e quem sabe despertamos novos cientistas para o mundo.</p>
9	<p>A sequência tem atividade que permite determinar os conhecimentos prévios dos alunos, assim dando a orientação ao professor para desenvolver a dinâmica da aula a partir desses conhecimentos? Comente.</p> <p>P1: sim, além da sequência dar conteúdos proposto deixando o professor a vontade, traz uma sequência de exercício, para aprofundar e avaliando o alunos, e, avaliar a gente mesmo, será que a gente alcançou o suficiente.</p>
10	<p>A sequência incentiva os professores e alunos a buscar textos e informações fora dos limites da própria sequência? Comente.</p> <p>P1: a sequência sugere que a gente possam buscar mais informação necessária e também estamos a vontade par pesquisar além do que é proposto caso haja necessidade para a evolução de algum aluno que necessite de algo a mais.</p>
11	<p>A sequência estimula o professor a continuar investindo em sua própria aprendizagem, com isso ampliando os seus conhecimentos? Comente.</p> <p>P1: por ser um assunto que é proposto pela Secretaria da Educação é impossível não se aprofundar no assunto e esta proposta facilita ao professor trabalhar com mais afundo o assunto, só que o mesmo se encontra no final da apostila do 4º bimestre e que eu acredito que muito professor nem trabalham este conteúdo, por dois motivos: não dar tempo de chegar e por medo de não dar conta.</p>
12	<p>A sequência apresenta ao professor uma orientação para o uso da mesma?</p> <p>P1: a sequência apresenta de forma que facilita para a compreensão dos conteúdo, é bem claro e eficaz para trabalhar... muito bem amplo e interessante.</p>
13	<p>As propostas de avaliação condizem com os pressupostos que norteiam as atividades?</p> <p>P1: sim, as propostas de atividade condizem que todos os conteúdos oferecidos.</p>

Observações:

C: queria saber primeiro o que vocês acham da sequência, porque assim eu não tenho muita experiência de como preparar uma sequência, daí foi pesquisando, procurando sobre o que seria interessante ter na sala de aula. Usei o Zabala, tem um livro, leve fala como a gente deve montar uma sequência, usei um pouco dele e umas coisas a mais.

P1: parece que você faz isso a vida inteira, parabéns!

P3: exatamente

C: obrigada

P3: até anotei aqui. Ótimas perguntas ... até uma etapa achei bem interessante, que nunca eu fiz isso, até esqueci de comentar com a Marcia, de colocar a formula na lousa e perguntar o que vocês (alunos) sabem, vocês tem uma noção ...

C: etapa 6, quando entra na parte de ensino da equação da energia
P3: colocar o que vocês imaginam sobre essa equação. Achei muito interessante.
C: essa etapa eu pensei nisso daí, de colocar o que eles sabiam e daí depois a gente ir trabalhando... eles podem colocar coisa que não são verdade... daí vai construindo o conhecimento dele.
P3: foi o que você comentou aqui (sequência), eles nunca viram aquilo, pra que serve...
P1: vão viajar na maionese, daí
P3: como a história do gêmeos
P1: isso, isso... isso é o nosso papel, mediar as informações aí com eles para construir o conhecimento
P3: porque Física é o que ele tem lá, mas eles não sabem... já tem inserido no meio, mas não sabem
C: tentei também conciliar muito essa parte da relatividade com o cotidiano deles, também não tem muito no cotidiano, porque a relatividade temos que trabalhar quando estamos em altas velocidades...
P1: aqui(escola) 12h tem altas velocidades na rua... esta então no cotidiano deles... carros, motos

P2

1	<p>A sequência apresenta uma organização clara, coerente e funcional? Comente. P2: sim, no entanto a questão da organização dos grupos deve ser mais clara, para uma maior qualidade na realização das atividades</p>
2	<p>A sequência apresenta textos e atividades que colaboram com o debate sobre as repercussões, relações e aplicação do conhecimento científico na sociedade? Fornecendo elementos para compreender as interações da sociedade e refletir sobre o cotidiano? Comente. P2: sim, pois as atividades estão relacionadas ao cotidiano, o que ampliar o contexto social e científico dos alunos</p>
3	<p>Os alunos têm a oportunidade de aprofundar seus conhecimentos sobre assuntos científicos e tecnológicos? Comente. P2: sim, através dos textos que serão utilizados, vídeos proposto e argumentação do professor, despertar no aluno o interesse sobre o assunto.</p>
4	<p>A sequência promove a formação de um cidadão do século XXI, capaz de posicionar-se criticamente, ter autonomia de pensamento e capacidade de argumentação diante das contribuições e dos impactos da ciência e da tecnologia sobre a vida social? Comente. P2: sim, através da mediação do professor nas atividades propostas, os objetivos serão alcançáveis.</p>
5 e 6	<p>A sequência apresenta proposta de atividade que estimula a investigação científica (por meio da observação, experimentação, interpretação, comparação, análise, etc)? Comente. As atividades estimulam a cooperação, criatividade, curiosidade e a imaginação? Essas atividades representam um desafio alcançáveis? Comente. P2: além de estimular a investigação científica, as atividades também estimula a curiosidade, a argumentação, a imaginação, sempre por meio da mediação do professor.</p>
7	<p>A sequência é motivadora, no qual os alunos sentem que estão conseguindo aprender e que seus esforços valem a pena? Isso ajuda os alunos a serem cada vez mais autônomos em suas aprendizagens? Comente. P2: sim, pois nas atividades que está sendo proposta os alunos precisam dialogar no grupo para encontrar os argumentos e as possíveis respostas sobre o tema, o que vai acarreta na autonomia da construção de seu conhecimento.</p>
8	<p>A sequência apresenta a evolução histórica dos conceitos, citando os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados? Isso faz os alunos pensarem na Ciência como uma campo de construção de conhecimento? Comente. P2: sim, já que em uma das atividades é proposto a leitura, interpretação e argumentação sobre o texto: O Princípio da Relatividade – de Galileu a Einstein.</p>

9	<p>A sequência tem atividade que permite determinar os conhecimentos prévios dos alunos, assim dando a orientação ao professor para desenvolver a dinâmica da aula a partir desses conhecimentos? Comente.</p> <p>P2: sim, pois em todas as atividades é proposto que o professor inicie a aula a partir de uma investigação dos conhecimentos prévios dos alunos, e através de questionamentos sobre o tema abordado, né. Isso vai instigar os alunos a desenvolverem seus próprios conhecimentos.</p>
10	<p>A sequência incentiva os professores e alunos a buscar textos e informações fora dos limites da própria SD? Comente.</p> <p>P2: isso se o professor souber despertar a curiosidade do aluno, né. Então a partir do momento que o professor consegue despertar essa curiosidade do aluno, então eu acho que sim!</p>
11	<p>A sequência estimula o professor a continuar investindo em sua própria aprendizagem, com isso ampliando os seus conhecimentos? Comente.</p> <p>P2: isso é obrigação do professor, a busca por informação e atualização para enriquecer seu conhecimento. E por consequência o conhecimento dos seus alunos.</p>
12	<p>A sequência apresenta ao professor uma orientação para o uso da mesma?</p> <p>P2: sim, pois nas atividades propostas é citado como o professor pode se nortear para abordar o assunto.</p>
13	<p>As propostas de avaliação condizem com os pressupostos que norteiam as atividades?</p> <p>P2: sim, inclusive a avaliação final dará ao professor elementos para reaver sua própria prática docente.</p>

Observação:

P2: o único entrave ao meu ver na proposta das atividades seria a questão do tempo para a realização das mesmas, visto que a grade curricular do Estado de São Paulo determina apenas 2 aulas por semana para abordar todo o conteúdo do EM, e ao realizar essa atividade levaria, no mínimo, um mês de aula, o que poderia comprometer o conhecimento dos demais conteúdos.

P4

1	<p>A sequência apresenta uma organização clara, coerente e funcional? Comente.</p> <p>P4: achei que ela está bem organizada sim ... primeira etapa, segunda etapa.... Tá perfeito</p> <p>C: a organização, não tem que mudar nada</p> <p>P4: eu acredito que não, tá em ordem. Não tem muita a comentar, porque realmente achei... se fosse fazer, iria fazer nessa sequência, tá coerente. Há, talvez só um comentário, acho que o texto talvez não vai ficar muito claro para eles(alunos) do paradoxo do gêmeos, ou se era sua intenção?</p> <p>C: era, porque como a primeira etapa não era já mostrar de cara ... essa primeira etapa era pra gente trabalhar sobre as noções prévias que eles(aluno) tem, o que ele sabe e o que ele não sabe. Daí esse texto traz para eles ficarem perguntando, nossa como assim, um é mais velho que o outro</p> <p>P4: pra eles questionarem.</p> <p>C: sim, pra eles questionarem. Porque numa outra etapa, o professore começa a falar sobre a contração do tempo, ele volta nessa mesma atividade, só que agora com os alunos tendo os conhecimentos que é possível ou não, eles tentarem de novo responder como eles tem essa diferença de idade.</p> <p>P4: aqui é só para eles pensarem....</p> <p>C: sim pensarem, daí tem essa perguntas embaixo, para eles refletirem ... tem até uma explicação que é da parte biológica, que só depois no final que o Sheldon fala que não, que era uma coisa da física quântica... da ciência. E para o aluno ficar com essa dúvida, se é ou não é, que depois vai entrar os conteúdos para explicar, né.</p> <p>P4: achei legal... tem umas perguntas que vai induzindo o aluno a questionar onde vai querer chegar no final....</p>
---	--

2	<p>A sequência apresenta textos e atividades que colaboram com o debate sobre as repercussões, relações e aplicação do conhecimento científico na sociedade? Fornecendo elementos para compreender as interações da sociedade e refletir sobre o cotidiano? Comente.</p> <p>P4: sim, porque tem muitas partes na sua situação de aprendizagem que o aluno tem que levantar hipóteses, ele tem que debater, trocar ideia com o colegas do grupo... então sim, o aluno consegue refletir e também tentar associar o que está sendo mostrado na situação de aprendizagem com o que ele vive e com o que ele conhece.</p> <p>C: e também aplica o conhecimento científico na sociedade?</p> <p>P4: sim</p>
3	<p>Os alunos têm a oportunidade de aprofundar seus conhecimentos sobre assuntos científicos e tecnológicos? Comente.</p> <p>P4: eles vão tem a oportunidade. Igual eu falei, o científico também na parte de Matemática, porque vai envolver bastante Matemática. Então é uma oportunidade do professor pode trabalhar Matemática na sala de aula, então o professor de Física vai ajudar o professor de Matemática.</p> <p>C: é também e você for ver, as contas não são muito... nossa... é mais multiplicação, divisão e raiz quadrada.</p> <p>P4: mas eles (alunos) tem muita dificuldade nas operações básica da Matemática, regra decimal, potencia. Então já é uma oportunidade para trabalhar o que falta em Matemática pra eles.</p>
4	<p>A sequência promove a formação de um cidadão do século XXI, capaz de posicionar-se criticamente, ter autonomia de pensamento e capacidade de argumentação diante das contribuições e dos impactos da ciência e da tecnologia sobre a vida social? Comente.</p> <p>P4: eu acho que nesse caso, a situação de aprendizagem é muito legal para aquele aluno que gosta muito de Ciência, que gosta de Física, igual que comentei outras vezes, tem aluno que pergunta de Física Quântica, então seria legal... mas não é uma coisa do cotidiano deles...</p> <p>C: é do cotidiano, mas não é coisa visível, eles não percebem.</p> <p>P4: eles não percebem, não vivenciam isso daí, mas é bom saber que tem também, porque talvez aquele alunos que não tem interesse, pode ser que vai despertar o interesse dele</p> <p>C: é porque quanto estava pesquisado na parte da inserção de FM, muitos(autores) falaram ... muitos viam justificando o porquê tinha que inserir... uma dessa falava que se você inserir a física atual vai motiva-los a seguir carreira científica, até na Física</p> <p>P4: até porque são questionamento aqui que eles nunca pararam pra fazer, pensar....</p> <p>C: então ele levanta o questionamento crítico do aluno?</p> <p>P4: não no dia-a-dia, mas levanta pra eles pensarem coisas que eles nunca pensou</p> <p>C: ter uma autonomia do pensamento, também?</p> <p>P4: sim também</p> <p>C: ter argumentação. Porque uma coisa também é o aluno ter argumentação, né</p> <p>P4: certo... ele ter uma ideia, e ele saber se expressão você fala?</p> <p>C: é</p>
5	<p>A sequência apresenta proposta de atividade que estimula a investigação científica (por meio da observação, experimentação, interpretação, comparação, análise, etc)? Comente.</p> <p>P4: é ele vai ter que comparar tabela, ele vai ter que construir tabela também, vai ter que ler textos... então ele vai ter que ler, pegar essas informações do gráfico também, e tentar chegar numa conclusão ... então sim, concordo. Acho que na etapa 3, que ele tem que ver essa tabela e chegar numa conclusão. Eles (alunos) tem dificuldade, em qualquer matéria de ver um gráfico, ver uma tabela e conseguir interpretar isso corretamente, então já mais é uma coisa que a situação de aprendizagem vai ajudar</p>
6	<p>As atividades estimulam a cooperação, criatividade, curiosidade e a imaginação? Essas atividades representam um desafio alcançáveis? Comente.</p> <p>P4: sim, estimula bastante. Igual eu falei, a imaginação, a curiosidade, porque o questionamento que nunca se fizeram, coisa que nunca se perguntaram... e sim é alcançável.</p> <p>C: todas as atividades eles vão ser capazes de realizar?</p>

	<p>P4: eu acredito que na parte de conta, na Matemática o professor vai ter que ajudar, sem o auxílio do professor muito difícil</p> <p>C: mas... só o professor fazer, explicar a conta e depois ele vão conseguir</p> <p>P4: acredito que sim. Faz um, dois exemplo, mostra como é feito os passo... eu acredito que sim. Acho quando eles verem a equação, no início vai dar um susto... vai ver raiz quadrada, potência... mas é questão do professor saber mostrar com calma, o que é cada item.</p>
7	<p>A sequência é motivadora, no qual os alunos sentem que estão conseguindo aprender e que seus esforços valem a pena? Isso ajuda os alunos a serem cada vez mais autônomos em suas aprendizagens? Comente.</p> <p>P4: eu acredito que sim, porque no primeiro momento você está levantando dúvidas, então os alunos vão começarem a se questionar, eles vão querer depois procurar respostas.</p> <p>C: a sequência não vai dar respostas prontas pra eles... eles vão construir, até no final</p> <p>P4: é porque você não vai chegar na lousa e passa a conta e é isso, isso e isso e acabou, faz exemplo, faz exercício. Não, você vai começar com perguntas, vão ter perguntas que eles vão querer responder.</p> <p>C: a outra é se a sequência ajuda o aluno a ser mais autônomo na sua aprendizagem?</p> <p>P4: sim, porque eles vão ter que pensar, vão ter que tirar suas próprias conclusões. Então por isso, sim</p>
8	<p>A sequência apresenta a evolução histórica dos conceitos, citando os cientistas que se destacaram na construção dos conhecimentos tratados? Isso faz os alunos pensarem na Ciência como uma campo de construção de conhecimento? Comente.</p> <p>P4: acho que nessa parte você (autora) deixou mais pro professor fazer, daí você (autora) deu um texto, um artigo para o professor lê a parte histórica. Daí no momento da aula, no momento oportuno o professor vai passando essa parte histórica</p> <p>C: esse artigo, eu achei ele muito legal. Eu usei ele para entender também, porque tinham algumas coisas que eu não entendia. Porque para mim, só tinha Maxwell e a parte do éter ... eu não estava entendendo a parte da mecânica, porque estava a mecânica e o eletromagnetismo confortando, não estava legal, daí eu tinha que busca lá de Galileu, passa para Newton e tudo os pensamentos deles até chegar no Einstein. Por isso coloquei esse artigo, vai ajudar muito.</p> <p>P4: com certeza. Eu gosto da história da Física, meu tcc eu fiz a história da Física, então eu já conhecia bastante, mas também quem não teve oportunidade, ficou bem legal</p> <p>C: também é porque uma coisa que fiquei pensando. Na escola pouco se trabalha a história mesmo, porque daí ... o professor coloca a fórmula, daí o aluno pensa que só é a fórmula não tem nada nessa construção</p> <p>P4: que foi um gênio, que não do nada conclui aquilo, mas não vê que teve um esforço, né. Do cientista, do físico pra chegar naquilo. Foi uma contribuição de várias pessoas.</p>
9	<p>A sequência tem atividade que permite determinar os conhecimentos prévios dos alunos, assim dando a orientação ao professor para desenvolver a dinâmica da aula a partir desses conhecimentos? Comente.</p> <p>P4: sim, e até a situação de aprendizagem... sequência foi pensada nisso, primeira vê o que o aluno tem e a partir daquilo vai construir.</p> <p>C: isso é legal fazer?</p> <p>P4: sim.</p> <p>C: você fazer o levantamento que o aluno tem de conhecimento, pra depois você criar a aula!?</p> <p>P4: é, coisa que geralmente a gente faz pouco, porque vai na lousa e joga o ponto, já passa a informação e boa.</p>
10	<p>A sequência incentiva os professores e alunos a buscar textos e informações fora dos limites da própria SD? Comente.</p> <p>P4: o aluno que tiver curiosidade, gostar do assunto, com certeza ele vai querer busca mais, né</p> <p>C: e o professor?</p> <p>P4: o professor também. O professor é difícil, porque ele tem uma tendência a gostar do assunto, então já vai ter um conhecimento prévio ai... mas também vai querer buscar mais informação do que está faltando para complementar.</p>
11	<p>A sequência estimula o professor a continuar investindo em sua própria aprendizagem, com isso ampliando os seus conhecimentos? Comente.</p>

	<p>P4: com certeza. Porque se ele lê e vê o que está faltando, ele vai precisar. Sei lá, professor que fez a faculdade há 5, 10, 15 anos atrás, ele fez a faculdade então ele viu na faculdade, só que na sala de aula, que não é um assunto do currículo, faz muito tempo que ele não trabalha ele vai ter que busca essa coisa para poder passar para o aluno também.</p>
12	<p>A sequência apresenta ao professor uma orientação para o uso da mesma? P4: sim, deu para entender legal, sim. Que fala o objetivo da etapa é tal, e tipo começa a fazer isso, depois apresenta isso... então é bem explicado. Sempre está mostrando como deve ser a estrutura da aula. C: você acha que tem que mudar alguma coisa? P4: não.</p>
13	<p>As propostas de avaliação condizem com os pressupostos que norteiam as atividades? P4: sim, achei que está coerente [...] você está avaliando a aprendizagem do processo. C: até tem uma etapa que é para fazer um mapa conceitual, coloquei mais porque os alunos ... os alunos tem que construir o mapa, para ele construir ele vai ter que entender o conceito. P4: acho que os alunos vão ter dificuldade, talvez se você já montasse alguma coisa previamente... sabe você monta algo prévio e deixe alguns quadrados em brancos, daí o aluno vai completando. C: esse mapa conceitual mostra para o professor o quanto o aluno aprendeu ou não. Que daí, se ficou algo faltando ou a compreensão não foi tão eficaz ele teria que voltar, e explicar o que estava errado ou não. Então, a parte da avaliação você achou? P4: achei que sim, na parte teórica perfeito ... acho que seria difícil seria na parte prática. Você imagina só, eu trabalhar um assunto daí vou ter um monte de coisa pra fazer, você pega Física o professor vai ter bastante salas ... imagine um monte de prova que ele vai ter que ver se vai da conta, porque isso é uma sequência, uma aula outra aula ... se uma semana pra outra ele vai conseguir corrigir todo esse volume e se vai somente oito aulas, porque como você falou (autora) eles não atingiram a perspectiva, o professor vai ter que voltar, pode ser que vai demorar mais um tempo ainda.. porque na ideia é perfeita, seria o ideal C: mas, tem algumas avaliações que é mais assim, o professor vê se o aluno está participando se não tá... um observação, que vai do professor, dá ponto positivo ou nota mesmo. O que o professor teria que corrigir mesmo, seria tirar dúvida das lista, o mapa P4: corrigir mapa por mapa... C: e que o mapa, os alunos vão apresentar. Daí na apresentação o professor já pode falar a nota... e depois a prova, a última coisa.</p>

Observação:

C: tem alguma sugestão, alguma opinião?

P4: talvez a questão de tempo, porque se você pegar um plano desse e aplicá-la na sala de aula em questão do tempo. Porque já é muito conteúdo, daí você vai está colocando mais um conteúdo ainda. Igual eu comentei, esse conteúdo vai ser bom, porque vai fazer o aluno a questionar coisas que ele nunca imaginou e também trabalhar a parte da Matemática, também é fundamental pra eles. Gostei, está bem explicado, está abrangente.