



Serviço Público Federal

Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado em Ensino de Ciências

Kamila Rodrigues Coelho

Campo Grande – MS

Maio/2012



Serviço Público Federal

Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado em Ensino de Ciências

Utilização de um Software de Hipermídia para o ensino do conceito de equivalência
massa e energia em uma turma de 2^a série do Ensino Médio.

Kamila Rodrigues Coelho

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Mato Grosso do Sul como requisito final para
a conclusão do curso de Mestrado em Ensino de
Ciências sob a orientação do Prof. Dr. Paulo
Ricardo da Silva Rosa.

Campo Grande – MS

Maio/2012

“Não sei se a vida é curta ou longa para nós, mas sei que nada do que vivemos tem sentido, se não tocarmos o coração das pessoas. Muitas vezes basta ser: colo que acolhe, braço que envolve, palavra que conforta, silêncio que respeita, alegria que contagia, lágrima que corre, olhar que acaricia, desejo que sacia, amor que promove. E isso não é coisa de outro mundo, é o que dá sentido à vida. É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa demais, mas que seja intensa, verdadeira, pura enquanto durar. Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

*Dedico essa dissertação às minhas duas grandes fontes de
inspiração: minha vovó Dercina e minha mãe Lúcia.*

Agradecimentos

“Como o não sabes ainda, agradecer é mistério”.

Fernando Pessoa

Agradecer a todos que participaram do processo de construção deste trabalho não é tarefa fácil, pois corro o risco de cometer injustiças esquecendo pessoas que se fizeram presentes e se preocuparam, que foram solidárias e torceram por mim, do que fazer jus a todos que merecem. Então, aos meus amigos que de alguma forma contribuíram com sua amizade e com sugestões efetivas, gostaria de expressar minha profunda gratidão.

Início agradecendo a uma pessoa muito importante em minha vida e que, infelizmente, não pode estar comigo nesse momento tão especial: minha vó Dercina. Era no seu abraço que me despidia toda semana e era no seu colo que me sentia amada no retorno para casa. A nossa relação era muito mais que vó e neta, uma afinidade inexplicável, não existem palavras para dizer o quanto sou grata por ter tido a oportunidade de aprender com a pessoa mais sábia que conheci.

Agradecer a mulher mais inteligente e mais íntegra que conheço não é uma tarefa fácil. Mamãe, você sabe o quanto te amo e não conseguirei expressar em tão poucas palavras o quanto eu lhe agradeço por tudo que fez e faz por mim desde o momento que soube da minha existência.

Desde o momento que finalizei meus estudos da graduação tinha o anseio de ingressar em um programa de mestrado e uma pessoa que acompanhou todas as minhas angústias, fracassos, lágrimas e que esteve sempre ao meu lado, quase sempre para me dar broncas, é o meu tio Ruberley que, antes de ser um exímio professor doutor em física, é um homem que me inspira e um exemplo que quero seguir na minha vida profissional e pessoal.

Agradeço também a uma pessoa que considero como irmã e que foi minha companheira nos estudos: Regina. Com ela aprendi a ter perseverança e a acreditar no meu potencial.

Quero agradecer ao meu pai José, aos meus irmãos Leandro e Sérgio, às minhas cunhadas Thatiane e Lidiana e ao meu sobrinho Thales, pois sempre torceram pelo meu sucesso e estavam ao meu lado em todos os momentos, me incentivando a prosseguir.

Quero agradecer a toda a minha família que, de alguma maneira, esteve presente nesse processo, em especial aos meus padrinhos José Luís, Wanderley e Kátia, às minhas primas Alyne, Cynthia e Elysa e aos meus primos Wanderley Júnior e Arthur.

À minha amiga e companheira de muitas viagens Thaísa, meu obrigada. Em muitos momentos de tristeza foi no seu ombro que consegui conforto. Em vários momentos de angústia

era contigo que buscava paz e foi no traçado da sua estrada que tentei seguir. Você sempre será minha grande inspiração.

Não posso deixar de mencionar minha enorme gratidão ao grupo da Física da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí por entenderem e disponibilizarem alguns dias da semana para que eu pudesse frequentar as aulas do Programa de Mestrado. Sou grata especialmente ao professor Alessandro e ao meu amigo professor Henrique.

Agradeço o apoio e disponibilidade do grupo de funcionários do Colégio Estadual Marcondes de Godoy que em todos os momentos se mostraram empenhados em auxiliar no bom andamento da pesquisa dentro da instituição.

Não posso esquecer-me de agradecer aos alunos do 2º ano A do ano de 2010 do Colégio Estadual Marcondes de Godoy que se empenharam durante todo o processo de desenvolvimento da Sequência Didática. Gostaria de enfatizar que, sem a participação ativa desse grupo em especial, não teria sido possível concluir essa pesquisa.

Sou imensamente grata aos amigos que conquistei durante o mestrado (Leila, Ana Cristina, Sabrina, Eduardo, Eliéverson e Luciana). Lembrar-me dos momentos de angústias e exaustão que passamos todas as semanas durante dois anos não é tarefa fácil. Além disso, as companhias de Ilzo e Márcia foram primordiais para que eu prosseguisse nessa longa jornada. Agradeço em especial ao meu amigo Ronaldo, que desde o primeiro dia se mostrou solícito e me auxiliou em vários momentos difíceis dessa caminhada.

Agradeço ao grupo de professores do Programa de Mestrado da UFMS nas pessoas das professoras Shirley, Maria Celina e Lenice que, nos momentos de sala de aula, eram mais que professoras, mas se tornaram conselheiras e, dessa forma, me fizeram crescer e me tornar uma profissional mais completa.

E por fim, meu agradecimento em especial ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Rosa, que nesse tempo de caminhada juntos se tornou uma pessoa muito importante em minha vida. Mais que um orientador acadêmico ele também foi um conselheiro pessoal. Sabia das minhas dificuldades, da distância, dos perigos e também das turbulências psicológicas. Muito obrigada por tudo que fizestes por mim.

Resumo

O presente estudo tem como objetivo verificar a ocorrência da *aprendizagem significativa* do conceito equivalência massa e energia utilizando o software de hipermídia “Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio”. Para isso, foi elaborada uma sequência didática, baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A sequência didática foi desenvolvida em quatro encontros. O grupo escolhido para o desenvolvimento dessa sequência didática foram estudantes de uma turma do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública no município de Jataí-Goiás. Os instrumentos utilizados nessa pesquisa foram: avaliação diagnóstica, avaliação inicial, avaliação final e a audiência pública simulada. Todas as avaliações foram feitas em forma de teste escrito e as questões foram elaboradas baseando-se nas funções cognitivas – enunciação, compreensão e aplicação – deste modo, foi possível manter uma equivalência entre as avaliações inicial e final. A partir da análise dos resultados obtidos pode-se constatar que o conceito equivalência massa e energia está em processo de construção pelos estudantes. A partir da análise da audiência pública simulada foi possível perceber que os argumentos dos alunos estavam baseados nos textos contidos no software de hipermídia. Todos os grupos, exceto o que representava os diretores da Usina, se colocaram *contra* a implantação da Usina Nuclear no município de Jataí e os principais argumentos utilizados foram: riscos de acidente nuclear; contaminação do Rio Claro; contaminação do solo causando prejuízo para os agricultores; acidente de Chernobyl; acidente de Goiânia.

PALAVRAS- CHAVE: software de hipermídia, equivalência massa e energia, usina nuclear.

Abstract

In the present study we have investigated the occurrence of meaningful learning of the concept mass-energy equivalence by High School students. We made use of a new tool, an hypermedia software called Topics on Modern Physics for the High School, specially designed to teach modern physics concepts. A didactic sequence oriented by Ausubel's Meaningful Learning theory making use of the software has been elaborated and applied to High School students in a class of the 11th level of the public educational system of the Jataí city - Goiás. The following tools to access students' knowledge were used: a diagnostic evaluation, composed by an initial and a final evaluation (written tests) and a simulated judgment about the implantation of a nuclear power plant in the city. The groups of students played different roles in the judgment: some students represented the power plant owners, others different groups in the Jataí's society. The questions composing the tests were designed to investigate the knowledge of the students in three different comprehension levels (cognitive functions) - enunciation, understanding and application. The analyses of the results allowed us verify that the students at the end of the activities were in process of construction of the concept mass-energy equivalence. In the simulated judgment it has been verified that the students' arguments were based on the texts found on the hypermedia software. The students' group that represented the nuclear power station plant owners was positioned in favor of the implantation of the nuclear power plant in the Jataí city. The other groups were positioned contrary. They made use of the following arguments: risks of nuclear accident; contamination of the rivers; contamination of the soil causing damage to the farmers; Chernobyl's accident; and Goiânia's accident.

KEYWORDS: hypermedia software, mass-energy equivalence, nuclear power station.

Sumário

Sumário

1.	Introdução.....	1
2.	Teoria da Aprendizagem Significativa.....	7
2.2	Aprendizagem Mecânica VS Aprendizagem Significativa	7
2.3	Aprendizagem por Recepção VS Aprendizagem por Descoberta	8
2.4	Tipos de Aprendizagem por Recepção Significativa.....	9
2.5	Princípio de Assimilação	10
2.6	Organizadores Prévios	12
2.7	Avaliação	12
3.	Metodologia de Pesquisa.....	14
4.	Protocolo de Pesquisa.....	16
4.2	Sequência Didática.....	17
4.3	Software de Hipermídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio.	21
4.4	Módulos do Software de Hipermídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio	24
5.	Análise dos Resultados.....	26
5.1	Avaliação Diagnóstica	28
5.2	Avaliação Inicial	29
5.3	Avaliação Final	31
5.4	Análise da Audiência Pública Simulada	35
5.5	Análise do Software de Hipermídia.....	39
6.	Conclusões	42
7.	Referências	44

Lista de Quadros

Quadro 1: Quantidade de acertos dos alunos na avaliação diagnóstica	28
Quadro 2: Notas obtidas na avaliação inicial	29
Quadro 3: Notas obtidas na avaliação final	32
Quadro 4: Notas obtidas na avaliação inicial e na avaliação final.	35

1. Introdução

O ensino de Física nas escolas de ensino médio tem sido alvo de muitas críticas. Um ensino com ênfase em cálculos matemáticos e conteúdos descontextualizados. Segundo Karam (2005), esse tipo de ensino tem contribuído fortemente para distanciar a Física da preferência dos estudantes e torná-la quase um mito. Essa forma de ensino não proporciona motivação nem interesse ao estudante, o que acarreta um baixo rendimento de aprendizagem.

Os atuais documentos legais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) direcionam o ensino no sentido de se produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente propedêutico. Estes referenciais orientam as disciplinas constantes das três áreas de conhecimento (Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Linguagens e Códigos) a buscarem um ensino que privilegie a interdisciplinaridade e a contextualização, dando maior ênfase às habilidades e competências em detrimento aos conteúdos. Contudo, isto não quer dizer que o conteúdo não seja importante, mas que o foco do ensino deve ser o desenvolvimento das competências por parte dos alunos.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCN⁺ (BRASIL, 1999), as competências que devem ser desenvolvidas para a aprendizagem de conceitos físicos são:

- Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica;
- Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas;
- Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de CTS veiculados através de diferentes meios;
- Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências;
- Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de CTS;
- Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la;

- Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações;
- Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos;
- Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro da Ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento;
- Compreender o conhecimento científico e tecnológico como resultado de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social;
- Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea;
- Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social;
- Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania.

Para isso, faz-se necessário propor alterações no ensino, de modo a conscientizar os estudantes do fato de a Física ser uma ciência que está em constante transformação. Além de aproximá-los do desenvolvimento desta ciência, destacando-a como uma construção da mente humana (ARONS, 1997 apud KARAM, 2005), esta abordagem pode contribuir para conscientização do estudante que as teorias científicas não são constituídas de verdades absolutas e imutáveis, provenientes da mente de alguns “gênios infalíveis”.

Os conteúdos abordados no nível médio também têm sido alvo de críticas, pois seu foco está dirigido principalmente para a Física Clássica, apesar da importante contribuição da Física Moderna e Contemporânea¹ para explicar os fenômenos que ocorrem no cotidiano e que exigem o uso desses tópicos para serem compreendidos como, por exemplo, o funcionamento da lâmpada fluorescente, o laser, o aparelho de

¹ Segundo Akrill (apud ALVETTI, 1999, p.36), “A Física Clássica corresponde ao período compreendido entre o estabelecimento da Física Newtoniana e ao da teoria clássica do eletromagnetismo até o final do século 19. A Física Moderna corresponde ao período que vai desde o final do século 19 até a segunda guerra mundial. A Física Contemporânea inicia na década de 40 (após o início da segunda guerra mundial) e vai até os dias de hoje”.

micro-ondas, etc. Além disso, pode também contribuir para que os estudantes consigam interpretar as obras de divulgação, alertando-os para não se deixarem levar pelas distorções científicas advindas de publicações que atendem somente a interesses mercadológicos de produção.

A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio propiciaria uma releitura do mundo que cerca os estudantes, evocando uma compreensão da cultura, da história e dos sentidos das criações humanas na ciência, dando a cada cidadão ferramentas para serem conscientes nas práticas sociais.(PEREZ; CALUZI, 2004).

Os estudos relacionados à introdução da Física Moderna no Ensino Médio não são recentes. As primeiras pesquisas que apontavam nesta direção surgiram na década de 1990 (TERRAZZAN, 1992; 1994; CAVALCANTE *et al.*, 1999). Estas propostas enfrentaram, inicialmente, certas resistências dos educadores, que argumentavam que, se nem mesmo os aspectos mais básicos da Física Clássica eram possíveis ser trabalhados, então não seria prioritário se ocupar com conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (TERRAZAN, 1992).

Mesmo após tantos trabalhos relacionados à inserção da Física Moderna no Ensino Médio, os professores alegam que a carga horária semanal reduzida de aulas de Física, associada a uma grande quantidade de conteúdos de Física Clássica que devem ser trabalhados, são os obstáculos para não introduzirem conceitos de Física Moderna e Contemporânea em seus planejamentos de ensino (MONTEIRO; NARDI; BASTOS FILHO, 2009).

A partir de uma revisão sobre atualização do currículo de Física do Ensino Médio, Ostermann e Moreira (2001) afirmam que o ensino de temas atuais da Física pode contribuir para que os alunos tenham consciência do que seja um trabalho científico. Para Terrazzan (1992; 1994), a atualização do currículo de Física é necessária para a formação de um cidadão consciente e participativo, pois é impossível, para o aluno, vivenciar e participar do mundo tecnológico atual sem os conhecimentos básicos da Física desenvolvida no século XX.

Conforme Oliveira *et al* (2007), a lacuna provocada por um currículo desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualização da realidade do aluno. Reduzindo as aulas de Física a fórmulas e equações matemáticas,

excluindo o papel histórico, cultural e social que a Física desempenha no mundo em que vive.

Segundo Perez e Caluzi (2004), essa inserção de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio auxiliaria os alunos a abandonarem algumas concepções de senso comum, ao interpretarem as obras de divulgação científica. Contudo, para isso, existem algumas questões fundamentais a serem discutidas, como, por exemplo: quais conteúdos ou assuntos deveriam ou poderiam ser abordados; em qual momento do currículo (1º, 2º e/ou 3º ano) esse conteúdo poderia ser inserido; e qual metodologia utilizar (ARRUDA; VILANI, 1998).

Segundo pesquisa realizada entre físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores de Física do Ensino Médio, Ostermann e Moreira (2000), listaram temas de Física Moderna que deveriam ser abordados no ensino médio: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, 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 fibras ópticas.

Uma busca em artigos científicos nas revistas da área de ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física e Revista Investigações no Ensino de Ciências, a partir do ano de 2007 até início de 2012, foi possível verificar que existem várias pesquisas em busca de alternativas para a abordagem dos temas listados acima.

Oliveira *et al* (2007) elaboraram uma proposta metodológica para ensinar raios-X com ênfase em Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS). Nesta pesquisa eles abordaram os tópicos: os raios – X e suas aplicações, a descoberta dos raios-X, a Física dos raios-X e Efeitos biológicos das radiações.

Karam *et al* (2007) abordaram a teoria da relatividade restrita com estudantes do primeiro ano do ensino médio por meio de uma sequência didática, na qual trataram de abordar o tema, logo após a abordagem de cinemática. Os autores relatam que os alunos foram expostos as situações conflitantes com suas concepções iniciais e com isso ocorreram vários debates em sala de aula e que, os alunos, por meio de questionamentos foram gradativamente assimilando o conceito sem que houvesse uma postura de imposição por parte do professor. Conforme os autores, para verificar se ocorreu a assimilação dos conceitos trabalhados, foi aplicado, ao final da sequência didática, um

pós-teste. O resultado, segundo os autores, foi expressivo: com exceção de um aluno, todos os demais responderam corretamente as questões utilizando o princípio da relatividade.

Canato Júnior (2003) defende que esta inserção seja feita a partir da contextualização histórica da Ciência. Outra estratégia seria a utilização de recursos computacionais, tais como: simulações, animações em flash e softwares educativos (CASTILHO, 2005; MACHADO, 2006).

Conforme Sales *et. al.* (2008), o uso da informática se justifica pela relação custo-benefício. Isso porque, quando pensamos em atividades experimentais relacionadas a conceitos de Física Moderna e Contemporânea, o custo é muito alto em relação a equipamentos e a infraestrutura.

Além disso, Canato Júnior (2003) afirma que o grande desafio dessas propostas é fazer com que esses conceitos sejam introduzidos de forma contextualizada, o que exige uma reelaboração de todo o currículo da Física do Ensino Médio, e não apenas a simples adição de mais um conteúdo, por mais elaborado que seja. Para ele, a interação entre os conteúdos de Física Moderna e aqueles tradicionalmente vistos no Ensino Médio permite uma visão mais significativa da própria Física Clássica.

Entretanto, embora concordando com a importância da atualização curricular, Machado (2006) apresenta algumas dificuldades enfrentadas pelos professores, do Ensino Médio, para ensinar conceitos de Física Moderna. Dentre elas: a falta de tempo para se abordar tais conceitos, devido à pequena carga horária reservada à Física na maior parte das escolas; a pressão exercida nas escolas para se ensinar somente assuntos exigidos nos vestibulares, cujos programas, geralmente, não incluem temas de Física Moderna; a ausência de pré-requisitos dos estudantes para compreender o assunto; conceitos serem abstratos e difíceis, gerando dificuldades para o entendimento pleno por docentes e alunos.

Enfim, o foco deste estudo foi investigar e analisar o processo de ensino e aprendizagem do conceito de equivalência massa e energia no Ensino Médio, a partir de atividades desenvolvidas com o auxílio de um software de hipermídia. Para isso foi elaborada uma sequência didática utilizando o software de hipermídia “Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio”. A sequência didática foi organizada seguindo os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa conforme a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Deste modo foi elaborada uma situação

hipotética na qual uma Usina Nuclear seria implantada no município de Jataí e caberia aos alunos se posicionarem *contra* ou a *favor* durante uma *Audiência Pública Simulada*, realizada ao final da sequência didática.

A questão básica da nossa pesquisa buscava verificar se a partir da utilização do software de hipermídia os alunos da segunda série do Ensino Médio conseguiriam relacionar o conceito de equivalência massa e energia com o funcionamento das usinas nucleares.

2. Teoria da Aprendizagem Significativa

David Paul Ausubel é um representante do cognitivismo, de uma vertente que pressupõe a aprendizagem como resultante da organização e incorporação de ideias na mente do ser que aprende.

Para Ausubel, o fator principal da aprendizagem consiste na aquisição de um corpo organizado de conhecimento e na estabilização de ideias inter-relacionadas que constituem a estrutura do mesmo. O conceito básico de sua teoria é o de Aprendizagem Significativa, que é definida como um processo pelo qual a nova informação se integra à estrutura do conhecimento do indivíduo de forma não-litera e não-arbitrária.

Conforme a teoria da aprendizagem significativa, o fator que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Conforme Ausubel para que ocorra a aprendizagem é preciso conhecer o que o aluno já sabe (subsunçores). Contudo, esses conceitos subsunçores são conceitos que dependem dos conteúdos a serem aprendidos, pois eles são conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva o aprendiz e aos quais os conceitos novos devem ser ancorados.

A estrutura cognitiva existente é o principal fator a afetar a aprendizagem significativa. Segundo Ausubel (2003), a incorporação hierárquica do novo conceito em uma estrutura existente é a base para o aparecimento de todos os significados e também deve estar em conformidade com o princípio da organização cognitiva.

2.2 Aprendizagem Mecânica VS Aprendizagem Significativa

Conforme Ausubel, quando ocorre a aprendizagem significativa, a ligação, entre os conceitos novos e os subsunçores, ocorre de maneira não literal e não arbitrária. Assim, neste processo o aprendiz não é um receptor passivo, ele deve fazer uso dos significados que já internalizou de maneira substantiva para poder captar os significados dos conceitos. Deste modo, o processo de aquisição de conceitos resulta numa modificação dos conceitos recentemente adquiridos e também dos conceitos subsunçores existentes na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003).

Segundo Ausubel dois critérios caracterizam se a nova aprendizagem será significativa. O primeiro critério se refere ao próprio material de aprendizagem. O segundo critério é a capacidade dos conceitos em se relacionar com a estrutura cognitiva do aprendiz. Deste modo, ocorrerá a aprendizagem significativa se a estrutura cognitiva

do aprendiz integrar de maneira significativa os novos conceitos contidos no material de aprendizagem (AUSUBEL, 2003).

Quando ocorre a aprendizagem mecânica, ocorre uma ligação entre os conceitos novos e a estrutura cognitiva, de modo simples, arbitrário e, por isso, não ocorre à interação significativa com a estrutura cognitiva do aluno. Quando a interação não é significativa, o aprendiz deve se lembrar literalmente da resposta para cada estímulo, pura memorização de estímulos. O mecanismo do aprendiz pode consistir em descobrir uma solução arbitrária para um problema, ou interiorizar os conceitos de forma arbitrária e literal, com um objetivo discreto e isolado (AUSUBEL, 2003).

As consequências desse tipo de aprendizagem: a estrutura cognitiva do indivíduo não consegue lidar de maneira eficiente com problemas que propõem novas situações em diferentes contextos; as informações ficam armazenadas em um curto espaço de tempo e, além disso, elas se tornam altamente vulneráveis à interferência de outros conceitos semelhantes, que foram aprendidos anteriormente.

2.3 Aprendizagem por Recepção VS Aprendizagem por Descoberta

A aprendizagem por descoberta pressupõe que o aprendiz “descubra” os conceitos e formule as suas próprias proposições. Nesse tipo de aprendizagem, o aprendiz deve organizar os conceitos e integrá-los à estrutura cognitiva existente (AUSUBEL, 2003).

Esse tipo de aprendizagem, por descoberta, é útil em determinadas situações de ensino e é necessária para a resolução de problemas. Contudo, as técnicas de aprendizagem por descoberta dificilmente se aplicam em uma situação de ensino em sala de aula, pois exigem tempo para serem utilizadas de forma eficaz (AUSUBEL, 2003).

O ensino nas escolas privilegia o ensino por recepção. Nesse tipo de ensino, o professor apresenta ao aluno os conteúdos de modo “acabado”. Em consequência disso, ocorre a aprendizagem por recepção, na qual exige que o aluno compreenda os conceitos e os incorpore na estrutura cognitiva, de modo que estejam disponíveis para reprodução ou resolução de problemas (AUSUBEL, 2003).

Para Ausubel, a aprendizagem por recepção significativa é um processo ativo. Ela é ativa no sentido em que o aprendiz tem várias possibilidades, ele pode escolher entre ligar uma nova proposição em todos os conhecimentos relevantes que possui ou

permanecer satisfeito em estabelecer uma relação com uma única ideia (AUSUBEL, 2003).

Qualquer uma das técnicas, descoberta e recepção, pode resultar em uma aprendizagem significativa ou mecânica, dependendo das condições em que a aprendizagem ocorrer. Para Ausubel (2003), em ambas as técnicas, a aprendizagem é significativa quando os novos conceitos se relacionam de forma não-arbitrária e não-literal à estrutura cognitiva do aprendiz.

A linguagem é um importante facilitador da aprendizagem significativa tanto por recepção quanto por descoberta. Assim, conforme Ausubel (2003), a linguagem possibilita a manipulação de conceitos e de proposições, possibilitando a maior compreensão dos significados.

2.4 Tipos de Aprendizagem por Recepção Significativa.

Segundo Ausubel, existem três tipos de aprendizagem por recepção significativa: aprendizagem representacional, aprendizagem conceitual e aprendizagem proposicional.

A aprendizagem representacional refere-se aos significados de símbolos ou palavras unitárias. A aprendizagem do significado de palavras individuais exige aprender o que estas representam e por este motivo se aproxima da aprendizagem por memorização. Isto quer dizer que determinados símbolos representam ou possuem um significado equivalente a determinados referentes.

Existem, essencialmente, dois métodos de aprendizagem conceitual: formação de conceitos e assimilação de conceitos. A formação de conceitos ocorre, fundamentalmente, em crianças jovens (idade pré-escolar). A assimilação de conceitos é predominante nas crianças em idade escolar e adulto. Na formação de conceitos, adquirem-se os atributos de critérios como uma consequência da experiência direta ao longo de fases sucessivas de formulação, experimentação e generalização de hipóteses. À medida que o vocabulário de uma criança aumenta, adquirem-se novos conceitos, sobretudo através do processo de assimilação conceitual, visto que os atributos específicos dos novos conceitos se podem definir com a utilização em novas combinações de referentes existentes, disponíveis na estrutura cognitiva da criança (AUSUBEL, 2003).

A aprendizagem proposicional refere-se aos significados de ideias expressas por grupo de palavras combinadas em proposições ou frases. Esse tipo de aprendizagem

pode ser subordinativa, superordenada ou combinatória. A aprendizagem subordinada ocorre quando uma proposição logicamente significativa de uma determinada disciplina se relaciona de forma significativa com proposições subordinantes específicas na estrutura cognitiva do aluno. Este tipo de aprendizagem ainda pode se classificar em derivativa, caso o material de aprendizagem apenas exemplifique ou apoie uma ideia já existente na estrutura cognitiva ou correlativa, se for uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições anteriormente apreendidas.

A aprendizagem proposicional superordenada ocorre quando uma nova proposição se relaciona com um vasto conjunto de conceitos mais específicos. A aprendizagem combinatória ocorre quando uma proposição potencialmente significativa se relaciona a uma combinação de conteúdos geralmente relevantes, bem como a outros menos relevantes, em tal estrutura.

2.5 Princípio de Assimilação

Quando se aprende uma nova ideia *a*, através da relação e da interação com a ideia relevante *A* estabelecida na estrutura cognitiva, alteram-se ambas as ideias e a *a* é assimilada pela ideia estabelecida *A*. Deste modo, tanto a ideia âncora *A*, quanto a nova ideia *a*, se alteram de alguma forma na formação do produto interativo *A'a'*. Este produto interativo do processo de aprendizagem significativa é não só o novo significado *a'*, mas também inclui a alteração da ideia âncora (AUSUBEL, 2003).

Segundo Ausubel (2003), a *assimilação* não está completa depois de ocorrer a aprendizagem significativa, mas continua durante um período de tempo que pode envolver novas aprendizagens e/ou retenções.

O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições e novos materiais potencialmente significativos, resulta na *diferenciação progressiva* de conceitos ou proposições, no consequente aperfeiçoamento dos significados para se fornecer ancoragem a aprendizagens significativas posteriores (AUSUBEL, 2003)

Quando se aprendem conceitos ou proposições por meio de aprendizagem de subsunção, subordinação ou combinação podem desenvolver-se significados novos e diferenciados e é possível que se possam resolver os significados conflituosos através de uma *reconciliação integradora*. À medida que o processo de assimilação se desenvolve, os significados de conceitos ou proposições componentes podem já não ser dissociáveis das respectivas ideias ancoradas, deste modo ocorre *assimilação obliterante* ou um

esquecimento significativo. Isso ocorre porque a assimilação relativamente completa da especificidade do novo significado faz com que este já não seja dissociável da generalidade da ideia mais inclusiva ancorada na estrutura cognitiva (devido à subsunção obliterante) e considera-se, por conseguinte, estar esquecido (AUSUBEL, 2003).

A assimilação de uma nova ideia pode melhorar a retenção de três formas diferentes. Primeira, porque se o novo conceito fica ancorado a uma forma modificada de uma ideia altamente estável e relevante existente na estrutura cognitiva, ele também partilha a estabilidade e longevidade desta ideia.

Conforme Ausubel (2003), o princípio de Assimilação explica o modo como se organiza o conhecimento na estrutura cognitiva. Se os novos conceitos são ancorados a conceitos correspondentemente relevantes, existentes na estrutura cognitiva, os produtos interativos daquilo que aprende tem, necessariamente, de estar em conformidade com o princípio organizacional de diferenciação progressiva. De acordo com este princípio, as ideias mais inclusivas ocupam uma posição no topo de uma pirâmide e se relacionam, de forma progressiva, com ideias menos inclusivas.

O significado acabado de aprender e assimilar a' pode, inicialmente, dissociar-se em A' e a' . Segundo Ausubel (2003), o grau de dissociabilidade se encontra no máximo pouco depois da aprendizagem e que, por isso, os significados acabados de adquirir, mesmo na ausência de prática direta ou indireta, são altamente dissociáveis. Contudo, o novo conceito compartilha da elevada estabilidade do conceito em que foi ancorado.

O material instrucional apenas é potencialmente significativo e deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa. Assim, pode-se ter um material logicamente significativo, porém aprendido por memorização.

Conforme Ausubel (2003), um material potencialmente significativo precisa satisfazer três condições:

- ✓ Motivar o aluno pelo assunto;
- ✓ Definir os subsunçores necessários;
- ✓ Organizar adequadamente o material segundo os princípios de *diferenciação progressiva e reconciliação integrativa*.

Desta forma, o problema da aprendizagem em sala de aula está, não somente na utilização dos recursos didáticos significativos, mas, principalmente, na integração dos conceitos à estrutura cognitiva do aluno, de forma significativa.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, o professor tem um papel importante. Segundo Ausubel (2003), para que ocorra a aprendizagem significativa, é necessário que o professor, ao expor os conteúdos, deve desenvolver os princípios de *diferenciação progressiva* e de *reconciliação integrativa*.

O princípio da diferenciação progressiva diz que as ideias (conceitos) mais gerais e inclusivas devem ser apresentadas em primeiro lugar e, em seguida, deve-se buscar o detalhamento dessas ideias. Já o princípio da reconciliação integrativa visa estimular a percepção das semelhanças e diferenças entre as ideias mais específicas na busca de uma ideia mais abrangente que as englobe.

Além disso, Ausubel alega que o fator motivacional é muito importante na promoção da aprendizagem, pois é necessário que o “aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva”. (MOREIRA, MASINI, 2006, p.23).

2.6 Organizadores Prévios

Quando não há subsunçores suficientes para aprendizagem de novos conceitos, é necessária a utilização de organizadores prévios.

Conforme Ausubel (2003), os organizadores prévios estabelecem uma ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e aquilo que ele precisa saber. Assim, recomenda-se o uso desses organizadores prévios quando as ideias existentes na estrutura cognitiva do indivíduo são gerais e não são suficientes para funcionar como âncoras para as ideias novas.

Deste modo, os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do conteúdo a ser apreendido. Estes materiais podem ser imagens, animações, filmes, sons, textos. Contudo, estes materiais precisam estar a um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem aprendidos (AUSUBEL, 2003).

2.7 Avaliação

A resolução de problemas independente é uma das formas possível de testar se os estudantes compreendem verdadeira e significativamente as ideias que conseguem memorizar e verbalizar tão facilmente. Porém, neste caso, é necessário ter-se cuidado para não se cair em uma armadilha. A resolução de problemas bem sucedida exige muitas outras capacidades e qualidades além da compreensão dos conceitos. Por isso, o fracasso em resolver os problemas em questão pode refletir deficiências em alguns

pontos, mas, não uma falta de compreensão do conceito. Isso acontece porque uma aplicação bem sucedida dos conceitos pode refletir, simplesmente, aprendizagem por tentativas e erros, ou sorte nas tentativas aleatórias, e não uma compreensão ou avaliação da aplicabilidade da passagem de aprendizagem à resolução da classe de problemas em questão. (Ausubel, 2003)

Conforme Ausubel (2003), quando se procura provas da aprendizagem significativa, é preciso levar-se em conta a possibilidade de memorização. O que ocorre é que um aluno que, frequentemente, faz provas e testes escritos, pode se tornar um bom memorizador, não só de fórmulas matemáticas, mas também de causas, exemplos, razões, explicações e formas de resolução de problemas. Deste modo, podemos evitar a resolução de problemas por memorização, elaborando questões e problemas que possuam uma forma nova e diferente e que exijam uma máxima transformação dos conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do aluno.

3. Metodologia de Pesquisa

A pesquisa empírica experimental qualitativa é aquela do tipo que novas experiências didáticas ou novas tecnologias são introduzidas para serem avaliadas quanto à sua influência na aprendizagem pelos alunos relacionados a determinados conteúdos (Rosa, 2011). Nesse tipo de pesquisa, são utilizados, por exemplo, os seguintes tipos de instrumentos de coleta: entrevista, questionário, filmagem e testes com questões abertas.

Um dos instrumentos mais utilizados é o questionário, composto por uma lista de perguntas que devem ser respondidas pelos integrantes da pesquisa. O questionário pode ser do tipo restrito (respostas curtas “sim” ou “não”; marcar itens de uma lista de respostas sugeridas) ou do tipo aberto (utilização das “próprias” palavras dos respondentes). Segundo Rosa (2011), as questões devem ser apresentadas em uma sequência lógica colocando as questões mais gerais no início e as mais específicas no final, evitando sempre questões que gerem respostas ambíguas e redações longas que “cansem” o respondente.

Ao se utilizar instrumentos de coleta de dados é necessário que eles possuam um maior grau de confiança. Um dos fatores que mede esse grau de confiança é a fidedignidade. A fidedignidade de um instrumento de medida refere-se à estabilidade, à possibilidade de repetição, à precisão das medidas com ele obtidas (ROSA, 2011).

Para verificar se o instrumento é fidedigno recorre-se a procedimentos estatísticos. A estatística básica utilizada para verificar a fidedignidade de um instrumento de medida é a correlação. Correlações iguais a +1,00 indicam perfeita fidedignidade enquanto que correlações perto de zero indicam ausência de fidedignidade. Valores entre 0 e 1 indicam níveis intermediários de fidedignidade. Os testes escritos utilizados nessa pesquisa foram submetidos ao teste de fidedignidade, a avaliação diagnóstica obteve coeficiente de fidedignidade igual a 0,8, a avaliação inicial e avaliação final com coeficiente igual a 0,87.

A dinâmica de grupo “Audiência Pública Simulada” também é um instrumento de coleta de dados. Para tal dinâmica, é colocada uma situação hipotética e os participantes devem assumir uma posição a respeito dessa situação, a favor ou contra, pontuando seus argumentos. É importante que a situação seja baseada em realidades

locais e próximas aos estudantes, de forma que ele perceba a interação entre a representação e a realidade. (ROSA, 2011)

Para realizar tal dinâmica de grupo, é necessário dividir os alunos em grupos, no máximo 5 pessoas; entregar aos alunos o texto que descreve a situação hipotética que será discutida; disponibilizar tempo para se definir o representante de cada grupo e para se definir a posição que será defendida. Durante o desenvolvimento da dinâmica, o professor é o interlocutor que organiza as falas e o tempo disponível para cada argumentação.

4. Protocolo de Pesquisa

É importante ressaltar, que a professora-pesquisadora já era professora do grupo de alunos escolhidos para a pesquisa. Isso facilitou a relação entre alunos e pesquisadora e também com a escola.

Nesta pesquisa, o grupo escolhido foi uma turma do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual no município de Jataí- Goiás. A escolha desse grupo se justifica porque a inserção dos conteúdos de Física Moderna nas primeiras séries do Ensino Médio permite um desenvolvimento gradual e uma consolidação desses conceitos (MACHADO, 2006).

Na escola pública na qual foi realizada a pesquisa, existia uma turma de 2º ano com 72 alunos. Pelo grande quantitativo de alunos em uma única sala, a direção da escola disponibilizou outra sala para essa série. Deste modo, foi formada uma segunda turma para o 2º ano somente com 27 alunos. A ideia da gestão escolar foi de formar uma turma mesclada composta por alunos com rendimento em notas em todas as disciplinas considerados ruins, médios e bons. Deste modo, obtivemos uma turma homogênea.

Em um primeiro contato com o grupo a ser investigado, foi desenvolvida uma atividade, teste escrito, com o objetivo de verificar se os alunos possuíam os *subsunçores* necessários para a *aprendizagem significativa* dos conceitos de Relatividade Restrita. O teste escrito foi composto por 15 questões que abordaram os conceitos de: *partículas subatômicas, velocidade, referencial, inércia, átomo, núcleo, massa, força e energia* (Apêndice 1).

Com o objetivo de verificar qual era o nível de conhecimento dos alunos em relação aos conceitos que seriam abordados na Sequência Didática foi realizada uma observação inicial, na qual o grupo respondeu a um teste escrito contendo 13 questões que abordaram os conceitos *fissão nuclear, energia relativística, fusão nuclear, reatores nucleares, acidentes nucleares e os postulados da relatividade* (Apêndice 2).

Após o desenvolvimento da Sequência Didática foi realizada uma nova observação, na qual os alunos responderam um teste que também continha 13 questões que englobavam os mesmos conceitos (Apêndice 3).

Os dois testes foram elaborados baseando-se nas funções cognitivas: enunciação, compreensão e aplicação. A ideia de utilizar as funções cognitivas se justifica porque segundo Ausubel, ocorre a *aprendizagem significativa* se o aprendiz quando colocado

frente a uma situação nova, consegue resolvê-la utilizando o conceito novo. Deste modo, Ausubel define a aprendizagem significativa quando a função cognitiva aplicação se completa.

- Questão de nível *enunciação*: são aquelas que exigem apenas memória. São questões a respeito do conhecimento que o sujeito possui de fatos e/ou acontecimentos, de caráter geral ou particular.
- Questão de nível *compreensão*: são aquelas que exigem reelaboração do conceito por parte do aluno. São questões do tipo *explique* ou *dê exemplos*.
- Questões de nível *aplicação*: são aquelas que exigem a aplicação de certo conhecimento a uma dada situação.

Utilizando esses tipos de questões foi possível manter a equivalência entre o teste feito antes e o teste feito depois da Sequência Didática, sem que as questões, dos dois testes, fossem iguais.

4.2 Sequência Didática

A sequência didática foi desenvolvida no ano de 2010 composta inicialmente por 4 encontros de 90 minutos cada. Todos os encontros foram realizados no horário da aula de Física.

Encontro 1

As atividades foram iniciadas, expondo ao grupo investigado, a possibilidade de instalação de uma Usina Nuclear no município de Jataí. Para isso, foi elaborado um ofício fictício (Apêndice 4) no qual a Empresa Marcondes de Godoy solicita a instalação de uma Usina Nuclear no município. Esse ofício foi utilizado como ponto de partida para as discussões sobre Energia Nuclear.

Após a leitura, os alunos expuseram, oralmente, as suas opiniões acerca da instalação da Usina Nuclear. Os registros das opiniões dos alunos foram feitas no quadro negro.

Para que os alunos pudessem ter uma fundamentação melhor para discutir sobre essa hipotética implantação de uma Usina Nuclear no município de Jataí, foi apresentado aos alunos o software de hipermídia *Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio*. Foi realizado um treinamento com os alunos para que eles pudessem ter acessibilidade a todos os *links* e comandos do software. Foi disponibilizado um tempo

de 15 minutos para que eles navegassem aleatoriamente pelas telas para testar todos os comandos do hipermídia.

Após o treinamento, os alunos foram orientados pela pesquisadora a navegar em *trilhas* determinadas. As *trilhas* são sequências de textos dentro do software de hipermídia que foram planejadas pela pesquisadora. Como o autor Machado (2006), expõe no seu trabalho, que o software é um material que pode ser manipulado pelo professor de várias maneiras, a definição da sequência ou da *trilha* dependerá do objetivo que se quer alcançar.

Nas *trilhas* determinadas pela pesquisadora, os alunos teriam contato com os textos que os ajudariam a entender os conceitos de equivalência massa e energia, fissão nuclear, fusão nuclear, além de alguns tópicos importantes, como o funcionamento das usinas nucleares, acidentes nucleares entre outros. O estudo foi iniciado na *Trilha 01*.

- Trilha 01: Página Inicial – História da Ciência – Introdução – História da Relatividade.

A *navegação* no software de hipermídia foi realizada em grupo. Isso porque, pela estrutura do laboratório de informática da Instituição de Ensino, somente 15 computadores estavam funcionando corretamente. Com esse tipo de trabalho em grupo, os alunos, enquanto exploravam o software, discutiam os conceitos.

Todos os momentos de *navegação* no software foram gravados.

Ao final da exploração da *Trilha 01*, foi realizada uma discussão com todos os alunos sobre os textos lidos.

Encontro 2

Nesse encontro, os alunos navegaram pela *Trilha 02*:

- Trilha 02: Página Inicial – Teoria da Relatividade – Introdução – Relatividade Restrita – Energia Relativística.

Após a leitura dos textos, a professora-pesquisadora por meio de questionamento oral buscou verificar se os alunos conseguiam diferenciar os conceitos de massa e energia na Física Clássica e na Física Relativística.

Em seguida, os alunos navegaram pela *trilha 03*:

- Trilha 03: Página Inicial – Tecnologia e Sociedade – Energia Nuclear – Fissão Nuclear – Fusão Nuclear.

Após percorrerem essa trilha, a professora-pesquisadora buscou na discussão em grupo verificar se os alunos conseguiam relacionar o desenvolvimento dos conceitos físicos com os impactos sociais, econômicos e militares.

Encontro 3

Nesse encontro os alunos percorreram a *trilha 04*

- Trilha 04: Página Inicial – Tecnologia e Sociedade – Energia Nuclear – Radioatividade – Reatores Nucleares – Acidentes Radioativos.

A discussão feita após leitura dos textos contidos nessa *trilha* teve como objetivo proporcionar ao aluno relacionar o desenvolvimento dos conceitos físicos com os impactos ambientais.

O sorteio dos grupos para a *Audiência Pública Simulada* foi realizado nesse encontro. Os alunos foram divididos em seis grupos os quais, cada qual representava uma entidade da sociedade jataiense. Essas entidades foram escolhidas previamente pela pesquisadora:

- A) Grupo Cosan.
- B) Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí (UFG/Jataí).
- C) Governo do Estado de Goiás.
- D) Secretaria do Meio Ambiente.
- E) Sindicato Rural de Jataí.
- F) Diretoria da Usina Nuclear.

A escolha dessas entidades se justifica pelo contexto regional. O Grupo Cosan se instalou no município de Jataí em maio de 2010 com o objetivo de produzir etanol além de cogeração de energia elétrica proveniente do bagaço e da palha da cana. A instalação dessa empresa movimentou a economia do município que era essencialmente de produção de grãos principalmente de milho e soja. A soja é cultivada em 223,2 mil ha e o milho é cultivado em uma área de 114 mil ha. Assim, justifica-se a escolha do Sindicato Rural de Jataí, que representa quase 2 mil produtores rurais da região.

Além da produção agrícola, Jataí se destaca por ser um pólo universitário. São 20 cursos oferecidos e mais de 5000 alunos matriculados na Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí.

Como representantes do poder público foram designados o Governo do Estado de Goiás e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

As entidades não tinham opiniões pré-determinadas, então caberia a cada grupo formalizar sua opinião a favor ou contra e elaborar seus argumentos.

Depois que cada grupo já sabia qual entidade representaria, foi feita uma apresentação inicial sobre a função de cada uma dentro da sociedade jataiense.

Os alunos tiveram duas semanas para se prepararem para a *Audiência Pública Simulada*.

Encontro 4

Nesse encontro, os alunos percorreram novamente todas as *trilhas* propostas pela professora-pesquisadora.

Em grupos, eles discutiram qual seria a postura que iriam adotar durante a *Audiência Pública Simulada*. Percorreram novamente as trilhas propostas pela pesquisadora. Os textos do software de hipermídia *Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio* serviriam de base para a argumentação.

Encontro 5

Nesse encontro aconteceu a dinâmica da *Audiência Pública*.

Antes de iniciá-la, foram explicadas as regras. Na primeira parte da *Audiência*, os alunos tiveram 5 minutos para apresentarem o posicionamento que iriam tomar diante da implantação da Usina Nuclear. O primeiro grupo a se manifestar foi o grupo que representava os diretores da Usina Nuclear Marcondes de Godoy. O nome da Usina faz referência ao nome da Instituição de Ensino em que foi realizada a pesquisa. Este grupo era o único que já possuía um posicionamento já pré-determinado. Após a proposta apresentada pelos diretores da Usina, os grupos foram, um por vez, expondo sua posição e seus argumentos, nessa ordem: UFG – Campus Jataí, Sindicato Rural de Jataí, Secretaria do Meio Ambiente, COSAN e Governo do Estado de Goiás.

Após a argumentação inicial, os grupos tiveram o momento de confronto entre eles. Cada grupo poderia questionar o outro e este tinha direito de resposta. Foram cerca de 45 minutos de debate entre os grupos. Para finalizar a dinâmica, os grupos tinham um tempo de 2 minutos cada para expor a sua posição após o debate, poderiam permanecer na mesma ou mudar se achassem necessário.

Toda a atividade, *Audiência Pública Simulada*, foi filmada. As imagens foram analisadas utilizando a técnica análise de conteúdo.

4.3 Software de Hipermídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio.

Tendo como pressuposto que a incorporação de conceitos de Física Moderna no currículo do Ensino Médio é importante para a formação cidadã de nossos educandos, nossa preocupação passa a ser, então, a criação de mecanismos que viabilizem a inserção desses conceitos. Tendo também como pressuposto que a informática é, na atualidade, um excelente recurso didático, que propicia a motivação e a participação dos alunos, nossa questão de pesquisa se direciona, então, a buscar formas de utilização deste recurso didático como ferramenta de auxílio para abordar conceitos de Física Moderna.

Em nosso estudo escolhemos um software de hipermídia denominado *Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio* para a abordagem do conceito equivalência massa e energia. Esse software foi desenvolvido por Daniel Iria Machado no ano de 2006. (MACHADO, 2006).

O software de hipermídia *Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio* Machado (2006) aborda:

- Invariância das leis Física em referenciais inerciais;
- Constância da velocidade da luz no vácuo;
- Dilatação dos tempos;
- Contração das distâncias;
- Momento linear relativístico;
- Energia relativística;
- Equivalência massa-energia;
- Princípio da equivalência;
- Buraco negro;
- Onda gravitacional;
- Fissão nuclear;
- Fusão nuclear;
- Radioatividade;
- Caráter provisório e descontínuo do conhecimento científico;
- Programa de pesquisa;
- Relações entre Ciência e Ética;
- Relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Machado (2006), de maneira sistemática, organizou esses temas em seis módulos:

1. Visão Inicial: reúne os textos intitulados Introdução ao Módulo *Visão Inicial*; Conceitos de Física Clássica; Conceitos de Física Moderna.
2. Teoria da Relatividade: abrange os textos intitulados Introdução ao Módulo *Teoria da Relatividade*; Postulados da Teoria da Relatividade Restrita; Dilatação dos Tempos; Contração das Distâncias; Momento Linear Relativístico; Energia Relativística; Relação entre Momento Linear e Energia; Teoria da Relatividade Geral.
3. Tecnologia & Sociedade: engloba os textos intitulados Introdução ao Módulo *Tecnologia & Sociedade*; Física Nuclear; Fissão Nuclear; Fusão Nuclear; Radioatividade; Reatores Nucleares; Acidentes Radioativos; Armas Nucleares.
4. História da Ciência: engloba os textos intitulados Introdução ao Módulo *História da Ciência*; Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade; Desenvolvimento Histórico da Mecânica Quântica; Projeto Manhattan; Biografia de Albert Einstein.
5. Ciência & Filosofia: inclui os textos intitulados Introdução ao Módulo *Ciência & Filosofia*; Metodologia dos Programas de Pesquisa; Ciência e Ética.
6. Fronteiras da Ciência: compreende os textos intitulados Introdução ao Módulo *Fronteiras da Ciência*; Buracos Negros; Ondas Gravitacionais.

Além dos textos, em cada módulo possui *links* que possibilitam o acesso a questões e problemas. Essas questões e problemas possuem vários níveis de dificuldade, desde as mais simples até as mais problematizadoras (MACHADO, 2006).

Segundo Machado (2006), ao utilizar o software de hipermídia os estudantes devem ter em sua estrutura cognitiva alguns conceitos: partícula; referencial; espaço; tempo; velocidade; massa; força; trabalho; energia; momento linear; momento angular; calor; temperatura; carga elétrica; potencial elétrico; corrente elétrica; leis de conservação; campo; onda.

Machado (2006) recomenda que seja feita uma avaliação para verificar se os alunos os possuem ou não. Esses conceitos são denominados, conforme a teoria da aprendizagem significativa, de *subsunçores*.

Conforme Machado (2006), o software de hipermídia foi desenvolvido tendo como base os pressupostos de Ausubel. Deste modo, a estrutura do hipermídia permite a exploração dos temas seguindo o princípio da diferenciação progressiva, na qual se iniciam com os aspectos mais gerais e inclusivos para se alcançar os aspectos mais específicos e menos inclusivos. Além de procurar indicar semelhanças e diferenças entre conceitos para favorecer a reconciliação integrativa.

Conforme Machado (2006), a sequência dos conceitos a serem explorados no software, não é única, o professor pode definir sequências de trilhas a serem percorridas pelos alunos. A estrutura dos hipertextos foi projetada a fim de proporcionar conexões entre conceitos que levem à formação de significados relevantes para os estudantes.

O software foi avaliado por licenciandos de Física e pesquisadores da área de Ensino de Ciências, e aplicado, pelo autor, a um pequeno grupo de estudantes do Ensino Médio. O resultado dessa avaliação destacou alguns aspectos positivos do software: *relevância do conteúdo; conexões entre Ciência e Tecnologia; facilidade para realizar a navegação; temas escolhidos interessantes* e também alguns aspectos negativos do software: *textos pouco explicativos, com mais ênfase na divulgação científica do que no entendimento de princípios físicos; grande quantidade de assuntos; áudio que se torna um pouco cansativo no decorrer da exploração do programa; existência de filmes mais motivadores e com maior profundidade e extensão em termos de ideias do que o software avaliado*. Segundo Machado (2006), apesar do software ter sido utilizado por um pequeno grupo de estudantes, existem outras opções para se explorar o conteúdo, com objetivos pedagógicos específicos e em diferentes séries do Ensino Médio.

Assim, o objetivo da nossa pesquisa foi submeter o software de hipermídia ao contexto educacional para o qual ele foi projetado. Para isso o software de hipermídia foi inserido em uma sequência didática com o objetivo de verificar se era um material potencialmente significativo para a aprendizagem do conceito equivalência massa e energia.

4.4 Módulos do Software de Hipermídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio

- a) **Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade:** aborda o surgimento e desenvolvimento da Teoria da Relatividade. O texto faz uma apresentação geral da Física Moderna, possibilitando ao estudante familiarizar-se com os conceitos, as personalidades e o contexto histórico relacionados, com um pouco mais de detalhamento. (MACHADO, 2006).
- b) **Postulados da Teoria da Relatividade Restrita:** Compreende os postulados fundamentais da Teoria da Relatividade Restrita. A apresentação dos postulados da teoria permite iniciar a abordagem a partir das ideias mais gerais, para então se fazer a análise das consequências específicas deduzidas das premissas (MACHADO, 2006).
- c) **Energia Relativística:** Descreve a energia em uma abordagem relativística, incluindo a sua relação com o conceito de massa. Esse documento possui *links* com os textos: Fissão Nuclear; Fusão Nuclear; Relação entre Momento Linear e Energia Relativísticos; Momento Linear Relativístico (MACHADO, 2006)
- d) **Física Nuclear:** Aborda conceitos básicos sobre o núcleo atômico. Possui *links* com os textos: Radioatividade; Fissão Nuclear; Projeto Manhattan; Energia Relativística (MACHADO, 2006).
- e) **Fissão Nuclear:** O objetivo desse texto é possibilitar a compreensão do conceito de fissão nuclear. Possui *links* com os textos: Fusão Nuclear; Reatores Nucleares; Projeto Manhattan; Energia Relativística (MACHADO, 2006)
- f) **Fusão Nuclear:** O objetivo desse texto é possibilitar a compreensão do conceito de fusão nuclear. Possui os *links* com os textos: Fissão Nuclear; Reatores Nucleares; Energia Relativística (MACHADO, 2006)
- g) **Radioatividade:** Aborda as diversas formas de radioatividade, incluindo os raios-X e os decaimentos alfa, beta e gama. Além dos efeitos produzidos pela radiação nos seres humanos. Possui *links* com os textos: Física Nuclear; Acidentes Radioativos; Reatores Nucleares; Armas Nucleares (MACHADO, 2006)

- h) **Reatores Nucleares:** Compreende textos que explicam o funcionamento dos reatores nucleares, discutem às dificuldades relacionadas ao lixo nuclear produzido por esses dispositivos e abordam as implicações da geração de matéria-prima para armas nucleares a partir de sua operação. Enfoca as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade o que contribui para evidenciar as aplicações práticas dos conhecimentos científicos e suas consequências sobre a vida das pessoas, permitindo ainda a análise de questões econômicas, políticas e ambientais. Possui *links* com os textos: Radioatividade; Acidentes Radioativos; Fissão Nuclear; Fusão Nuclear (MACHADO, 2006).
- i) **Acidentes Nucleares:** Aborda os principais tipos de acidentes nucleares e de casos de desastres registrados na história, buscando favorecer a conscientização quanto aos riscos existentes na utilização da energia nuclear e a necessidade de procedimentos de segurança rigorosos para manipulá-la. Também compreende uma discussão sobre as usinas nucleares e as questões associadas a esses dispositivos, além de permitir a expansão da noção quanto aos impactos sociais e ambientais que podem resultar de seu funcionamento. Possui *links* com os textos: Radioatividade; Armas Nucleares; Reatores Nucleares (MACHADO, 2006).

5. Análise dos Resultados

Em uma pesquisa qualitativa o pesquisador tem como objetivo interpretar os registros obtidos a partir da pesquisa tendo como base seu referencial teórico. No caso desta pesquisa, Ausubel. Os registros obtidos nessa pesquisa foram obtidos a partir de: respostas dos alunos nos testes escritos e transcrições de discursos gravados.

Os instrumentos utilizados para obter esses registros foram: avaliação diagnóstica que teve como objetivo verificar se os alunos possuíam os *subsunçores* necessários para a aprendizagem dos conceitos propostos na sequência didática; avaliação inicial para verificar o nível de conhecimento que os alunos possuíam sobre os conceitos: postulados da relatividade restrita, energia relativística, fissão nuclear, fusão nuclear, radioatividade, reatores nucleares, acidentes nucleares; avaliação final que buscou verificar se, após o desenvolvimento da sequência didática, ocorreu aprendizagem significativa dos conceitos (postulados da relatividade restrita, energia relativística, fissão nuclear, fusão nuclear, radioatividade, reatores nucleares, acidentes nucleares); audiência pública simulada que, analisando os argumentos utilizados pelos alunos, para verificar se o software de hipermídia *Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio* é um material potencialmente significativo para a aprendizagem do conceito equivalência massa e energia.

Os instrumentos: avaliação diagnóstica, avaliação inicial e avaliação final foram elaborados no formato de testes escritos. Os conceitos foram distribuídos em questões que abordavam as funções cognitivas: enunciação (exigem do sujeito conhecimento de fatos e ou acontecimentos, de caráter geral ou particular), compreensão (exigem reelaboração do conceito por parte do aluno) e aplicação (exigem que o sujeito aplique certo conhecimento a uma dada situação). Deste modo, seria possível verificar qual nível cognitivo que o aluno se encontrava em cada etapa da pesquisa.

Para a correção dos testes foi utilizado um padrão de notas: (0) respostas deixadas em branco ou incorretas; (0,5) respostas incompletas; (1,0) respostas corretas.

Segundo Ausubel, para verificar se houve aprendizagem significativa é necessário que sejam colocadas para o aluno situações novas em que ele para resolvê-las precise utilizar os conceitos apreendidos. Desta maneira, os testes escritos (diagnóstico, inicial e final) foram elaborados contendo questões do tipo *aplicação* em que exigia do aluno que ele tivesse se apropriado do conceito e pudesse aplicá-lo em situações novas.

Segundo Ausubel é necessário que o aluno se sinta motivado e pré-disposto a aprender para que ocorra a aprendizagem significativa. Deste modo, elaboramos uma situação-problema “Implantação de uma Usina Nuclear no município de Jataí” e para responder a esse problema foi montada uma *Audiência Pública Simulada*. Para analisá-la foi feita a transcrição fiel das falas dos alunos e, posteriormente, elas foram comparadas com os textos do software de hipermídia.

Depois que os registros são obtidos pelos diferentes instrumentos de coleta de registros chega o momento de analisá-los. Como esta é uma pesquisa do tipo qualitativa, foi utilizada a análise de conteúdo para obter as informações a partir dos dados coletados. Para isso, foram utilizados os princípios e procedimentos apresentados por Bardin (1977) para a análise de conteúdo, que é definida como sendo:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 1977, p.42)

Existem diversos tipos de análise de conteúdo. Para esta pesquisa, foi utilizada a análise de avaliação. A ideia central desse tipo de análise é que o discurso produzido e analisado traduz na sua estrutura verbal a opinião que o sujeito produz tem a respeito do assunto (Rosa, 2011). Deste modo, segundo Rosa (2011), dois conceitos neste tipo de análise são importantes: i) a direção da opinião expressa, que pode concordar ou não, ser a favor ou contra determinada posição; ii) a intensidade, que expressa o grau de convicção com a opinião emitida.

Para a análise dos dados dessa pesquisa, primeiramente, foram analisadas as questões discursivas dos testes escritos – avaliação inicial e avaliação final – e as transcrições das gravações durante a *Audiência Pública Simulada*.

Na primeira fase dessa análise, verificamos nas respostas dadas pelos alunos nas questões da avaliação diagnóstica, se os alunos possuíam os conceitos subsunçores necessários para a aprendizagem dos conceitos envolvidos na Sequência Didática.

Na segunda fase da análise, utilizando as transcrições das falas dos alunos durante a *Audiência Pública Simulada*, buscou-se a direção da opinião expressa, a favor ou contra, a situação hipotética de implantação de uma usina nuclear no município. Na terceira fase da análise, nesse caso, como o software de hipermídia estava sendo

avaliado, era necessário verificar se os alunos utilizaram textos contidos no software como fonte para seus argumentos. Para isso, comparamos as falas transcritas com os textos contidos no software.

A última fase da análise consistiu em verificar nas respostas das questões discursivas dos alunos se eles conseguiam utilizar corretamente os conceitos físicos em situações novas, permitindo verificar se ocorreu ou não a aprendizagem significativa.

5.1 Avaliação Diagnóstica

Na avaliação diagnóstica realizada no início das atividades buscou-se saber se os alunos dominavam nos níveis enunciação, compreensão e aplicação dos conceitos de: partículas subatômicas, velocidade, referencial, inércia, átomo, núcleo, massa e força. Em análise prévia esses foram os conceitos considerados como *subsunçores* para o conteúdo que seria ensinado. Essa avaliação diagnóstica, realizada por meio de um teste escrito, continha 15 questões. Analisando as respostas dos alunos, verificou-se que a maior parte dos alunos tinha os *subsunçores* necessários para a aprendizagem dos conceitos que seriam abordados na sequência didática.

Quadro 01: Quantidade de acertos dos alunos na avaliação diagnóstica.

Aluno	Questões														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
A6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0
A7	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
A8	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0
A9	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A10	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A13	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
A14	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0
A15	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0
A16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
A17	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0
A18	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A20	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A21	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A22	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0
Total	22	20	18	19	17	13	19	13	18	13	19	20	09	02	18

A questão 1 todos os alunos acertaram. Era uma questão do tipo associação de colunas na qual haviam sido listados os conceitos e seus significados e buscava verificar se os alunos possuíam a função cognitiva da *enunciação*. As questões de 2 a 7 eram do tipo *compreensão*, nas quais os alunos deveriam reelaborar os conceitos. As questões de 08 a 15 eram do tipo *aplicação*.

As questões do tipo *aplicação* foram as que mais tiveram respostas incorretas ou deixadas em branco. Deste modo, as questões 13 e 14 foram as que a maioria dos alunos não conseguiu responder. A questão 13 solicitava que os alunos resolvessem uma questão utilizando o conceito de massa e a questão 14 envolvia o conceito de força.

5.2 Avaliação Inicial

O teste escrito, realizado no início das atividades, contendo 13 questões e distribuído em três categorias - conhecimento, compreensão e aplicação - buscava verificar o nível de conhecimento dos alunos em relação aos conceitos que seriam abordados na Sequência Didática: postulados da relatividade restrita, energia relativística, fissão nuclear, fusão nuclear, radioatividade, reatores nucleares, acidentes nucleares. Considerando que o grupo inicial dessa pesquisa continha 22 alunos e que esse número foi diminuindo no decorrer da sequência didática vamos utilizar os dados dos 13 que efetivamente participaram de todo o desenvolvimento da pesquisa.

Utilizando esses critérios, obtivemos o quadro de notas mostrado no Quadro 2.

Quadro 02: Notas obtidas na avaliação inicial.

Aluno	Questões												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
A15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A16	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
A17	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A18	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
A20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
A21	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A22	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	7,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5

A maioria dos alunos do grupo investigado deixou quase todo o teste escrito em branco.

A questão 1 da Avaliação Inicial buscava avaliar se os alunos dominavam a função cognitiva *enunciar* dos conceitos (postulados da relatividade restrita, energia relativística, fissão nuclear, fusão nuclear, radioatividade, reatores nucleares, acidentes nucleares). Nesta questão, por ser de associação de colunas, 18 alunos acertaram metade ou inteiramente a questão.

As questões de 2 a 7 buscavam avaliar se os alunos dominavam a função cognitiva *compreensão*. A aluna A5 utilizou as definições dadas na questão 1, assim fez uma cópia fiel do que estava escrito na questão 1 para responder as questões 2 e 6:

- Resposta da questão 1: A velocidade da luz é constante e as leis da física são as mesmas em qualquer referencial inercial.
- Resposta da questão 6: É um dispositivo para produção de energia a partir das reações nucleares.

O aluno A11 utilizou a mesma estratégia da aluna A5 para responder a questão 4:

(...) ao colidir com o núcleo de um átomo, uma partícula pode ser absorvida e provoca a divisão do núcleo em duas partes.

As questões 8 até 12 buscavam avaliar se os alunos dominavam a função cognitiva *aplicação*. Nenhum aluno acertou essas questões.

Na questão 13 os alunos deveriam indicar se o Brasil deveria investir na construção de usinas nucleares, considerando pontos a favor e contra essa tecnologia. A maioria dos alunos deixou essa questão em branco, dos 10 alunos que se posicionaram, apenas 3 alunos se posicionaram a favor do uso da energia nuclear. Os argumentos *a favor* se basearam: importância da usina por causa do avanço tecnológico e para a geração de novas vagas de emprego; já os argumentos *contra*:

- risco de acidentes nucleares; alto custo para a construção de usinas nucleares;
- alto custo para a construção de usinas nucleares;
- utilização da energia nuclear para fins militares; e

- dificuldades em lidar com os rejeitos radioativos; contaminação do solo e do ar.

O aluno A8 argumentou a favor da utilização dessa fonte de energia:

(...) tem que ter usina no Brasil para ter mais empregos...

A maioria dos alunos que expressaram sua opinião nessa questão se posicionou contra a utilização desse tipo de fonte de energia:

Eu acho que não porque essas usinas iriam poluir nosso meio ambiente. **Aluna A18.**

(...)seriam investidos milhões de reais em material químico, e não serviria para muita coisa a favor. Ao contrário, em um acidente nuclear, seria todo o material perdido. **Aluno A10.**

Outro argumento muito utilizado para justificar a posição “contra” foi a utilização da energia nuclear para fins militares:

Acho que não porque as usinas nucleares causam muitas consequências a natureza e ao ser humano como a bomba que jogaram em Nagasaki acabou com o lugar e matou várias pessoas as que não morreram na hora foram morrendo aos poucos, acho que contamina o lugar por isso causa tanta devastação e acho que a construção de usinas nucleares não traz benefício algum pro lugar onde for ser construída. **Aluna A4.**

Alguns alunos ressaltaram as dificuldades em lidar com os rejeitos radioativos.

(...) Não, pois o lixo biológico é muito grande e teria que devastar grande parte do local para implantarem uma usina. **Aluna 21 .**

(...)Onde serão jogados as substâncias que serão utilizadas? **Aluna A14.**

Em relação à contaminação do solo e do ar, a aluna **A13** destacou:

Não poderia construir uma usina nuclear, seria muito prejudicial ao solo e o ar, e sim como ouvesse problema com a usina poderia prejudicar os seres vivos com as radioatividades, ou a radiação. O solo não seria mais férteis.

Verifica-se pelos argumentos sobre a utilização da energia nuclear que alguns alunos possuem uma opinião já formada sobre o tema. Contudo, 12 alunos não emitiram opinião alguma sobre o tema.

5.3 Avaliação Final

Para verificar se ocorreu a *aprendizagem significativa* dos conceitos propostos na sequência didática (postulados da relatividade restrita, energia relativística, fissão

nuclear, fusão nuclear, radioatividade, reatores nucleares, acidentes nucleares), propusemos um teste escrito final. Considerando que estávamos abordando os mesmos conceitos do teste inicial, procuramos manter uma equivalência entre os dois testes, assim continha 13 questões distribuídas em conhecimento, compreensão e aplicação.

Quadro 03: Notas obtidas em cada questão pelos alunos na Avaliação Final.

Aluno	Questões												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
A9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
A12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
A15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
A18	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,0	0,0	1,0
A20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0
A21	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,0	0,0	1,0
A22	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Total	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	10,5	13,0	13,0	8,0	7,0	0,0	0,0	13,0

Observando o Quadro 03, é possível verificar que a quantidade de alunos diminuiu em relação aos alunos que responderam à avaliação inicial. Isso ocorreu porque vários alunos estavam ausentes no dia que foi aplicado o teste final. Como a avaliação foi individual durante todo o desenvolvimento da sequência didática, a diminuição da quantidade de alunos não influenciou nos resultados.

A questão 01 do teste final era uma questão do tipo associação de colunas e buscou verificar se os alunos tinham aprendido significativamente os conceitos (postulados da relatividade restrita, energia relativística, fissão nuclear, fusão nuclear, radioatividade, reatores nucleares, acidentes nucleares) no nível *enunciar*. Todos os alunos que responderam esse teste conseguiram associar corretamente todos os conceitos. Ao compararmos com o resultado da avaliação inicial, verificamos que os seis alunos que não haviam conseguido responder ou haviam respondido incorretamente conseguiram responder a essa questão. Deste modo, é possível verificar que esses seis alunos, após o desenvolvimento da sequência didática, conseguiram adquirir a função cognitiva *enunciar*.

A questão 02 solicitava que os alunos explicassem os dois postulados da Relatividade Restrita. A resposta do aluno **A8** indica que o aluno baseou-se, para responder à questão, em um dos textos do software:

(...) O primeiro postulado leva à conclusão de que não é possível distinguir, mediante a realização de experimentos físicos, se um observador está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme em relação a um determinado referencial. (...) a velocidade da luz no vácuo é a mesma para qualquer observador situado num referencial inercial. (Postulados da Relatividade Restrita, Software de Hiperídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio)

(...) 1º postulado: As leis físicas são as mesmas em qualquer referencial. Eu entendi que não dá pra saber se quem tá observando tá parado ou se movimentando com velocidade constante. 2º postulado: a velocidade da luz é a mesma em qualquer lugar do Universo. Aluno A8

Na avaliação inicial somente o aluno A5 havia respondido corretamente à questão 02, contudo na avaliação final todos os alunos responderam corretamente à questão.

A questão 03, na avaliação inicial nenhum aluno havia acertado, abordava a relação massa e energia e os alunos deveriam explicar essa relação, nesse caso estava sendo avaliada a função cognitiva *compreensão*.

As questões 04 e 05, na avaliação inicial havia somente respostas incorretas e deixadas em branco, solicitavam que os alunos dessem exemplos, na primeira do processo de fissão nuclear e na segunda do processo de fusão nuclear. A maioria dos alunos indicou como exemplo, nas duas questões, o reator de uma usina nuclear. Sobre isso o software traz no texto “Reatores Nucleares”:

Os reatores nucleares são dispositivos para a produção de energia a partir de reações nucleares de fissão ou fusão. Conforme a modalidade de reação que possibilita seu funcionamento, podem ser classificados em reatores de fissão nuclear ou reatores de fusão nuclear. (Software de Hiperídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio)

Na questão 06 os alunos deveriam explicar o funcionamento de um reator nuclear de fissão. O software dedica uma seção para explicar o funcionamento do reator nuclear de fissão. Alguns trechos são comentados pelos alunos em suas respostas. Como por exemplo,

“O fato de que uma reação de fissão do urânio desencadeada pela colisão de um nêutron pode resultar na liberação de diversos nêutrons levou à hipótese de que estes poderiam colidir com novos átomos de urânio, produzindo novas fissões e originando uma reação em cadeia. Se a reação em cadeia ocorrer de modo rápido, torna-se explosiva, como nas bombas atômicas. Ocorrendo de modo controlado, pode ser utilizada em reatores nucleares para a produção de energia”.

Na fissão o núcleo é dividido. O átomo utilizado é o urânio. Acontecem vários choques e liberação de energias. Se aceleramos esses choques podemos produzir uma bomba atômica. Mas no reator isso é controlado porque tem moderadores. Aluno A22

A questão 07 questionava aos alunos as principais causas para que ocorram acidentes nucleares em Usinas Nucleares. Alguns alunos responderam essa questão utilizando acidentes nucleares que já ocorreram. O software descreve os principais acidentes: Goiânia e Chernobyl no texto “Acidentes Nucleares”.

Ahh normalmente as pessoas tratam a energia nuclear como um tipo qualquer de energia. Daí se acontece algum problema...não é só uma inundação como ocorre nas hidrelétricas mas é um veneno invisível como no caso de Chernobyl. Então as pessoas não tomam o devido cuidado e além disso mexem onde não devia como no caso de Goiânia. Aluno A12

Só acontecem acidentes por descuido, como foi no caso do césio em Goiânia. Aluno 22

A questão 08 discute o segundo postulado da relatividade restrita. Todos os alunos conseguiram responder a questão que buscava verificar a função cognitiva *compreensão* dos postulados da relatividade restrita.

As questões 09, 10, 11 e 12 buscaram verificar se os alunos conseguiam *aplicar* o conceito da energia relativística. As questões 09 e 10 todos os alunos conseguiram responder. Contudo, as questões 11 e 12 ninguém conseguiu responder. Nessas questões o aluno teria que utilizar mais operações matemáticas e os dados não estavam “prontos” como no caso das questões 9 e 10. Eles deveriam identificar que existia uma diferença entre a massa inicial e a massa final nas reações de fissão e fusão nuclear e que esse valor era exatamente a massa da energia liberada nessas reações nucleares. Deste modo, os alunos estariam aplicando o conceito equivalência massa e energia.

Na questão 13 os alunos deveriam argumentar sobre as dificuldades em lidar com os rejeitos radioativos, suas implicações ambientais e possíveis alternativas para se evitar esses problemas. Nessa questão os alunos poderiam também basear os seus argumentos utilizando os textos do software. Um dos trechos do software cita as dificuldades de se lidar com a energia nuclear:

(...) Devido aos riscos associados às usinas nucleares, incluindo acidentes com os reatores e as dificuldades no armazenamento do lixo nuclear, sua implantação deveria ser considerada criteriosamente pelas populações envolvidas. Entretanto, com as demandas crescentes por energia, outras usinas nucleares serão construídas e a desativação das usinas existentes parece improvável. Possível solução prática para se evitar os riscos oferecidos pela energia nuclear envolvem o aperfeiçoamento contínuo dos reatores nucleares e o desenvolvimento de novas tecnologias para a exploração de outras fontes de energia, com destaque à energia solar. A possibilidade de obtenção de energia pela fusão do hidrogênio aparece com uma possibilidade futura, vantajosa por gerar menos resíduos radioativos que a fissão de elementos pesados". (Software de Hipermídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio)

(...) uma coisa que tem que ser feita é cuidar do lixo radioativo, evitar deixar abandonado como foi no hospital em Goiânia. Tipo ter uma nova tecnologia para ajudar a diminuir a quantidade de lixo radioativo. Aluna A16

Um jeito de diminuir o lixo radioativo é investir nos reatores de fusão. Aluno A8

Ao comparar as notas obtidas pelos alunos na avaliação inicial e na avaliação final é possível perceber uma visível melhora no desempenho dos alunos. Contudo, quando analisamos as questões individualmente, é perceptível que os alunos não conseguiram, ao final da sequência didática, aplicar o conceito de equivalência massa e energia em uma situação nova. Deste modo, é possível concluir que a aprendizagem significativa do conceito equivalência massa e energia estava em processo de construção, isso porque, os alunos conseguiram resolver problemas que envolviam a função cognitiva compreensão.

Quadro 04: Notas obtidas na avaliação inicial e na avaliação final.

Alunos	Avaliação Inicial	Avaliação Final
A1	0,0	10,0
A5	2,5	10,5
A8	0,0	8,5
A9	1,0	8,0
A12	0,5	8,5
A15	0,0	10,0
A16	2,0	10,5
A17	1,0	8,5
A18	1,0	10,5
A19	0,5	9,0
A20	1,0	10,5
A21	1,0	9,0
A22	1,0	9,5

5.4 Análise da Audiência Pública Simulada

A análise será desenvolvida a partir de categorias. As categorias foram criadas a partir da leitura da transcrição dos vídeos feitos durante a Audiência Pública Simulada.

A partir da análise das falas dos alunos foi possível buscar evidências dos tipos de argumentos que eles utilizam para falar sobre Energia Nuclear. Além disso, verificar que tipo de fonte eles utilizaram e se há evidências da utilização dos textos contidos no Software de Hiperídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio.

Os argumentos utilizados pelos alunos durante a *Audiência Pública Simulada* foram organizados em duas categorias: impactos ambientais e impactos econômicos.

- Impactos Ambientais - nessa categoria são agrupados os argumentos que indicam: contaminação do Rio Claro e o desmatamento das suas margens; implicações do lixo radioativo para as pessoas e o ambiente; riscos e consequências de um acidente nuclear; acidentes nucleares em Chernobyl, Goiânia e Fukushima.
- Impactos Econômicos - nessa categoria são agrupadas as falas dos alunos que indicam: aumento na oferta de empregos; aumento da busca de mão-de-obra qualificada; implicações para a agricultura da região.

Na Audiência Pública o grupo que representava os diretores da Usina foi o único a se posicionar a favor da implantação da usina.

Os outros grupos se posicionaram contra a instalação da usina no município de Jataí.

Os alunos que se posicionaram *contra* a implantação da Usina Nuclear utilizaram como base para seus argumentos, textos contidos no software:

(...) Apesar dos benefícios trazidos pela energia nuclear, incluindo a operação de usinas nucleares e aplicações na área médica, podem ocorrer acidentes com o material radioativo presente nos dispositivos utilizados, causando vítimas diretas e graves impactos sobre o ambiente.

A aluna A1, integrante do grupo que representava a COSAN, o aluno A5 e a aluna A9, integrantes do grupo que representava Sindicato Rural basearam-se nesse texto para seus argumentos:

*(...) mas os riscos é bem maior do que uma usina hidrelétrica. Não vai acontecer um acidente radioativo, numa usina hidrelétrica. **Aluna A1***

*(...) então no caso essa usina explodisse, então o que ia acontecer ia contaminar a água do rio claro então nós não teria recurso. E também no caso do solo então aonde os agricultores iriam plantar? **Aluno A5***

(...) se acontecer um acidente, eles não pensa que os alimentos também podem ser contaminados, vão contaminar o solo. Aluna A9

Os alunos utilizaram bastante o texto, no software, que descrevia o acidente nuclear ocorrido em Goiânia:

(...) Um aparelho utilizado para radioterapia em uma clínica possuía uma fonte contendo cézio-137, na forma de um sal de coloração azul, guardado em um recipiente de chumbo para que a radiação fosse blindada. Após algum tempo de uso, a fonte foi abandonada, embora ainda continuasse fortemente radioativa. A clínica mudou de local deixando a fonte radioativa no antigo endereço. Em 13 de setembro de 1987, o equipamento radiológico foi retirado do local por duas pessoas. Dez dias depois, o equipamento foi levado a um ferro-velho e uma cápsula de chumbo foi extraída e destruída. (Acidentes Nucleares, Software de Hipermídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio)

Utilizando esse texto como base, os alunos A1, A5 e A9, basearam seus argumentos *contra* nesse texto citado acima.

(...) mas lá em Goiânia também ninguém pensava que um hospital abandonado ia dar aquilo tudo né? O que aconteceu no hospital? No hospital, foram pessoas do hospital que deixaram, os dirigentes do hospital que deixaram o aparelho lá. Aluno A1

(...) ninguém também falava que eles ia encontrar alguma coisa jogada assim sobre radiação dum hospital abandonado. Aluna A5

(...) vocês já pensaram como lá em Goiânia teve aquele pequeno. Só por causa de um pequeno, pequeno Césio...pequeno acidente já teve aquele todo fuzuê e não deram conta de obter quase tudo. Como vocês vão fazer se explodir, se acontecer qualquer coisa com a usina? Aluna A9

O texto sobre “Acidentes Nucleares” também serviu como base para os argumentos do grupo que representava os diretores da COSAN,

(...) vai ter uma segurança total com esse lixo...ele nunca vai ser deixado de lado igual aconteceu lá em Goiânia. Lá em Goiânia...foi com o cézio...lá foi um caso totalmente diferente, não tem nada a ver com energia nuclear. Aluno A4

Durante a Audiência Pública os alunos começaram a discutir sobre “Radioatividade”. O software dedica uma seção para discutir sobre radioatividade:

A exposição a altos níveis de radiação num pequeno intervalo de tempo, além de efeitos em longo prazo, produz também efeitos em longo prazo, que se tornam mais intensos com o aumento da exposição. Esses efeitos, conhecidos por mal da radiação, incluem queimaduras na pele, náuseas, fraqueza, queda de cabelo e diminuição da função de órgãos do corpo. Esse envenenamento devido à radiação pode causar envelhecimento precoce e até

mesmo a morte. Uma dose fatal de radiação pode levar o indivíduo à morte em dois meses. Os efeitos de altas doses de radiação são comuns em pacientes submetidos a tratamento radioterápicos intensos. (Radioatividade, Software de Hipermídia Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio)

O aluno A2 indicou algumas consequências de um acidente nuclear, confundindo os conceitos, material genético e material radioativo:

(...) E daí o fato que no caso se a usina explodir esse material genético é um material genético de meia vida...vamu pôr. Então ao longo do tempo ele vai...ele vai se diluindo esse material genético, essa radiação. Aluno A2

Os alunos também enfatizaram as consequências para o Rio Claro, o único rio que abastece a cidade, caso ocorresse um acidente nuclear.

(...) se a gente fosse construir uma usina nuclear aqui basicamente íamos usar o Rio Claro. E eu acho que não ia suportar. O Rio Claro não suportaria o resfriamento dos líquidos que iam usar na usina nuclear. Então eu acho que ele não suportaria. Aluno A1

Pra construir essa usina precisa de uma área. E como já falamos vai precisa de utilizar o Rio Claro. O que vocês acham que..que aconteceria com as pessoas que mora próximo? Ia ter que tirar todo mundo! Aluno A2

(...) e também o único rio que abastece a cidade é o Rio Claro. Então no caso essa usina explodisse, então o que ia acontecer ia contaminar a água do rio claro então nós não teria recurso. Aluno A8

Durante a *Audiência Pública Simulada*, os grupos utilizaram argumentos variados.

O grupo que representava o Governo do Estado de Goiás ressaltou a importância da Usina Nuclear como fonte geradora de novas vagas de empregos para o município. Contudo, enfatizou que a falta de qualificação para essas vagas é um fator que excluiria os moradores da cidade. O grupo que representou a Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí (UFG), utilizou nos seus argumentos: alto custo tecnológico para a construção desse tipo de Usina; contaminação do rio que abastece a cidade; lixo radioativo; falta de infraestrutura. Além disso, ressaltou que a Usina sendo instalada no município traria novos cursos para a Universidade, mas, em contrapartida, prejudicaria o campo de atuação dos agrônomos.

O grupo que representou o Sindicato Rural utilizou como argumento: extinção de algumas espécies; riscos de acidente nuclear; contaminação do Rio Claro; contaminação do solo e, conseqüente, prejuízo para os agricultores; acidente de Chernobyl; acidente em Fukushima.

Os argumentos dos grupos que se posicionaram contra a implantação da usina nuclear se basearam nos impactos ambientais que essa usina traria para o município.

O grupo a favor, representando os diretores da Usina, enfatizou a importância da implantação de uma usina nuclear no município tendo como argumentos: não contribui para o efeito estufa; geração de empregos; devastação menor do que a utilização de outras fontes de energia, como por exemplo, a hídrica. Além desses argumentos, os alunos fizeram referência ao acidente ocorrido no Japão.

[...] e lá (Japão) só aconteceu o acidente porque aconteceu realmente um tsunami e um terremoto. Talvez se isso não tivesse acontecido, talvez a usina estava funcionando até hoje sem nenhum risco de acidente. Aluno A22

[...] aqui no Brasil não tem riscos de terremotos, tsunamis, vai ser muito mais fácil a implantação de uma Usina Nuclear...muito menos riscos. Aluno A5

Os grupos utilizaram vários fatores regionais para justificar a posição *contra* a implantação da Usina Nuclear em Jataí, contudo, é possível verificar pelos argumentos dos alunos que eles utilizaram os textos do *Software de Hipermissão Tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio*.

5.5 Análise do Software de Hipermissão

O software de hipermissão utilizado nessa pesquisa foi avaliado pelos pesquisadores antes de sua utilização pelo grupo de alunos participantes da pesquisa. Para isso, foi feita uma investigação completa contemplando aspectos relacionados com a ergonomia do software, conceitos físicos contidos nos textos, legibilidade dos textos entre outros. Vários erros conceituais de física foram encontrados pelos pesquisadores e, por causa disso, as *trilhas* foram determinadas evitando que os alunos “caminhassem” por textos que continham muitos erros conceituais e que pudessem confundir o aluno e, consequentemente, prejudicar o bom desenvolvimento das atividades. Contudo, mesmo que tenha sido aplicado esse “filtro”, durante as *trilhas* ainda era possível visualizar vários erros e conceitos físicos descritos de maneira confusa.

“O primeiro postulado expõe que, se uma lei física descreve corretamente os fenômenos em um determinado referencial ou sistema de coordenadas, também será válida em qualquer outro referencial em repouso ou em movimento retilíneo com velocidade constante em relação ao primeiro referencial. Esses referenciais são denominados inerciais.

Outros aspectos como: músicas temas de cada módulo, cores e tamanhos de letra, também foram analisados pelos pesquisadores. As músicas são cansativas e atrapalham a concentração ao ler os textos contidos no software. As letras, tamanho pequeno e cores que não são privilegiadas pelo fundo preto, dificultam a leitura.

Durante o desenvolvimento da sequência didática, no momento em que os alunos manipulavam o software de hipermídia, os alunos fizeram sua própria análise do software de hipermídia.

As falas foram gravadas e posteriormente transcritas.

A maioria dos alunos achou interessante o software pela grande quantidade de informações contida nele. Contudo, os alunos indicaram alguns problemas contidos no software de hipermídia:

[...] o programa é muito interessante, fala sobre vários assuntos, a única coisa que não é nem um pouco agradável é aquela música de fundo, é o fim. Aluno A5

Em relação à dinâmica do software de hipermídia, alguns alunos achavam confusa a organização dos módulos:

[...] não é fácil, sempre temos que retornar ao início da página para abrir uma nova janela. Aluno A1

Os alunos também comentaram sobre as imagens contidas no software.

[...] sim elas (imagens) facilitam o entendimento, já que na sala de aula as imagens que vemos são as do livro. Aluno A8

[...] as imagens ajudavam um pouco, mas poderia haver mais imagens que mexessem na tela. Sem contar que ficaria mais interessante para os alunos e eles se sentiriam mais motivados a lerem os textos. Aluno A7

[...] todas as imagens possuíam explicações. Quando passava o mouse sobre a figura aparece uma explicação quem ele era e como ele fez. Aluna A3

O tamanho e as cores das letras foram objetos de muita crítica por parte dos alunos:

[...] eu achei a letra muito pequena e a cor não ajudava muito. **Aluno A8**

[...] as letras eram minúsculas. **Aluna A3**

[...] as letras deveriam ser maiores e a cor mais clara. **Aluno A22**

[...] as letras tinham que colocar um tamanho melhor além de uma cor mais legível nos textos. **Aluno A7**

Além das críticas, os alunos deram sugestões para a melhoria do software de hipermídia:

[...] teria que colocar mais informações, mudar o plano de fundo e a maneira de apresentação do software de hipermídia. **Aluno A22**

[...] os textos poderiam ser mais resumidos. **Aluno A1**

[...] seria bem melhor se a musiquinha fosse outra. **Aluna A3**

[...] podia acrescentar a opção de maximizar a janela. **Aluna A13**

[...] colocar um tamanho maior nas letras, uma cor legível, e tem que parar de ficar trocando as cores dos textos na hora que passa para outro slide. **Aluno A8**

6. Conclusões

Um dos objetivos da nossa pesquisa era verificar se o software de hipermídia era um material potencialmente significativo para a aprendizagem do conceito equivalência massa e energia. Como, segundo Ausubel, para aprender significativamente é necessário estar motivado, a sequência didática foi organizada tendo uma problematização que envolvia a implantação de uma usina nuclear no município de Jataí.

Segundo Ausubel (2003), além de motivação é necessário saber o que o aluno sabe e que servirá como âncora para a aprendizagem dos novos conceitos. Deste modo, se fez necessário um teste diagnóstico para verificar se os alunos possuíam esses *subsunçores*. Por meio da avaliação diagnóstica foi possível verificar que a maioria tinha os *subsunçores* necessários.

A avaliação inicial foi realizada para verificar qual era o nível de aprendizagem dos alunos em relação àqueles conceitos que seriam trabalhados na sequência didática (postulados da relatividade restrita, energia relativística, fissão nuclear, fusão nuclear, radioatividade, reatores nucleares, acidentes nucleares). Por meio desta avaliação inicial foi possível indicar em que nível eles estavam antes da intervenção didática.

O resultado da avaliação inicial indicou que somente 07 dos 13 alunos se encontravam no nível da *enunciação* em relação aos conceitos (postulados da relatividade restrita, energia relativística, fissão nuclear, fusão nuclear, radioatividade, reatores nucleares, acidentes nucleares) e somente 01 aluno se encontrava no nível da *compreensão*.

A teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (AUSUBEL, 2003), diz que para que ocorra a aprendizagem significativa é necessário que os novos conceitos se ancorem aos conceitos *subsunçores*. Para que ocorra essa ligação entre os novos conceitos e os *subsunçores* é necessário utilizar um material potencialmente significativo e o software de hipermídia foi utilizado com esse princípio.

Para avaliar se houve *aprendizagem significativa* foram utilizados os instrumentos: avaliação inicial e avaliação final. A avaliação final foi desenvolvida utilizando um teste escrito composto por 13 questões equivalentes às questões da avaliação final. Buscou-se comparar o desempenho de cada aluno em relação às respostas dadas no início da atividade e no final.

Diante das notas obtidas de cada aluno é possível verificar uma melhora significativa de todos os alunos. Contudo, conforme Ausubel, para verificar se ocorreu a

aprendizagem significativa é necessário apresentar ao aluno um problema novo no qual para resolvê-lo é necessário modificar o conceito aprendido. Para isto, na avaliação final havia duas questões, 12 e 13, que propunham a *aplicação* do conceito de equivalência massa e energia. Nenhum dos alunos conseguiu responder nenhuma das duas questões. Constatou-se que os alunos estavam em processo de construção da *aprendizagem significativa* do conceito de equivalência massa e energia. Isso porque as questões de *compreensão* do conceito equivalência massa e energia foram respondidas corretamente pelos alunos.

Analisando a transcrição das falas dos alunos durante a *Audiência Pública Simulada* é possível verificar que os alunos utilizaram os textos do software de hipermídia, principalmente, os textos “Acidentes Nucleares” e “Reatores Nucleares”.

Durante a realização da Sequência Didática, um acidente nuclear ocorrido na usina de Fukushima (Japão) desencadeou nos noticiários uma série de reportagens sobre energia nuclear, as consequências ambientais e sociais e principalmente lembrou acidentes nucleares que ficaram na história: Chernobyl e Goiânia.

O acidente nuclear em Fukushima despertou ainda mais a curiosidade dos alunos sobre a utilização da energia nuclear e, principalmente, as consequências quando ocorre um acidente. Com isso, os alunos chegavam aos momentos em sala de aula comentando sobre o que haviam lido e assistido nas diferentes mídias. Durante a sequência didática, no momento em que estavam utilizando o software de hipermídia os alunos discutiam que em alguns sites e até em noticiários da TV, haviam alguns *erros* nas informações veiculadas. Um exemplo, citado pelo aluno **A8** “*Nos jornais que passam na TV e em notícias na Internet está dizendo que os reatores de Fukushima utilizavam a fusão nuclear, isso não é verdade, aqui (software de hipermídia) está dizendo que esse tipo de reator ainda não está sendo utilizado*”. Deste modo, é possível verificar que os alunos estavam acompanhando os noticiários e comparando com o que liam dos textos contidos no software de hipermídia.

No momento da *Audiência Pública Simulada* somente o grupo que representava os diretores da Usina Nuclear utilizaram como base para seus argumentos o acidente em Fukushima.

7. Referências

- AUSUBEL, David. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** Uma perspectiva cognitiva. Tradução: Lígia Teopisto. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.
- BASSO, Andreza Cátia. **O átomo de Bohr no nível médio:** uma análise sob o referencial lakatosiano. 2004, 198f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ensino Médio. Brasília: MEC, 1999.
- CANATO JÚNIOR, Osvaldo. **Texto e contexto para o ensino de Física Moderna e Contemporânea na escola média.** 2003, 109f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências - modalidade Física). Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- CASTILHO, Maria Inês. **Uma introdução conceitual à relatividade especial no ensino médio.** 2005, 113f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física). Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- CAVALCANTE, Marisa Almeida; JARDIM, Vladimir; BARROS, José Antônio de Almeida. Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: difração de um feixe laser. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.16, n.2, p.154-169, 1999.
- KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior. **Relatividade Restrita no início do Ensino Médio:** elaboração e análise de uma proposta. 2005, 244f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Centro de Ciências Física e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- MACHADO, Daniel Iria. **Construção de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da ciência através da hipermídia.** 2006, 301f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.
- MONTEIRO, Maria Amélia; NARDI, Roberto; BASTOS FILHO, Jenner Barretto. A sistemática incompreensão da Teoria Quântica e as dificuldades dos professores na introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 3, p. 557-580, 2009.
- MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa:** a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.
- MOREIRA, M.A; ROSA, P.R.S. **Uma introdução à pesquisa quantitativa em Ensino de Ciências.** Campo Grande: Monografia não publicada, 2008.

- OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física Moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.
- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.5, n.1, p.23-48, 2000.
- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.18, n.2, p.135-151, 2001.
- SALES, Gilvandenys Leite; VASCONCELOS, Francisco Herbert Lima; CASTRO FILHO, José Aires de; PEQUENO, Mauro Cavalcante. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n.3, 2008.
- PEREZ, José Rafael Boesso; CALUZI, João José. $E=MC^2$ Ensino Médio e divulgação da Física Moderna. **Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Jaboticatubas, MG, 26-29 out. 2004.
- ROSA, Paulo R.S. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em Ensino de Ciências**. Campo Grande: Monografia não publicada, 2011.
- TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola do 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.9, n.3, p.209-214, 1992.
- TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. **Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média**. 1994, 241f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 1994.

Apêndices

APÊNDICE 1: Avaliação Diagnóstica

Questão 01: Associe as grandezas físicas com suas respectivas definições, sabendo que há somente **uma** definição para cada grandeza física.

- | | | | |
|-----|-------------------------|-----|--|
| (A) | Partículas subatômicas. | () | É a medida de inércia. |
| (B) | Referencial | () | Um sistema de coordenadas utilizadas para medir e registrar as grandezas físicas. |
| (C) | Átomo | () | É uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo. |
| (D) | Núcleo | () | Medida da energia cinética associada ao movimento das partículas. |
| (E) | Velocidade | () | A região compreendida entre dois pontos consecutivos. |
| (F) | Massa. | () | Relaciona espaço percorrido em um determinado intervalo de tempo. |
| (G) | Inércia. | () | Interação à distância entre partículas. |
| (H) | Força. | () | É uma energia em trânsito em virtude de uma diferença de temperatura. |
| (I) | Energia. | () | Relaciona massa e velocidade |
| (J) | Momento. | () | Potencial para executar trabalho ou realizar uma ação. |
| | | () | É uma ação que modifica o movimento de um corpo. |
| | | () | É uma propriedade do corpo que mede a resistência do corpo a alteração do seu estado de repouso ou movimento. |
| | | () | É uma porção de matéria cuja dimensão é menor que o átomo. |
| | | () | Duração relativa das coisas que cria no ser humano a ideia de presente, passado e futuro; período contínuo e indefinido no qual os eventos se sucedem. |
| | | () | Menor quantidade de uma substância simples que tem as propriedades químicas do elemento e que permanece inalterada em uma transformação química |
| | | () | É composto por prótons e nêutrons e concentra a quantidade maior de massa do átomo. |

Kamila Rodrigues Coelho

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

kamilacoelho@gmail.com



Questão 02: Explique, com suas palavras, os conceitos físicos listados abaixo:

a) Átomo:

b) Núcleo Atômico:

c) Princípio da Conservação de Energia:

d) Referencial

Questão 03: Um macaco pula de galho em galho em um zoológico. Diga qual o significado de dizer que a velocidade do macaco é de 2 m/s?

Questão 04: Os personagens de uma história em quadrinhos fizeram uma viagem de avião e, como não havia assentos, permaneceram em pé e soltos durante toda a viagem. No momento



da decolagem os personagens foram deslocados no sentido da cauda do avião e, no momento da aterrissagem, os personagens foram deslocados no sentido da cabine de comando. A partir do que você aprendeu nas aulas de Física, explique o movimento dos passageiros.

Questão 05: No dicionário da língua portuguesa, a palavra *massa* tem vários significados:
“... o todo cujas partes são da mesma natureza”
“... quantidade de matéria que forma um corpo”
“... medida quantitativa da inércia de um corpo”
Explique, com suas palavras, o significado de massa.

Questão 06: Num dia frio, chuvoso, a bateria do seu carro não funciona e você tem de empurrar o veículo para movimentá-lo até que o motor pegue. Por que você não pode colocar o carro em movimento permanecendo sentado confortavelmente no banco e empurrando contra o painel de instrumentos do veículo?

Questão 07: Cite três exemplos de partículas subatômicas.



Questão 08: Diante de uma agência do Banco do Brasil há uma fila de aproximadamente 100 m de comprimento, ao longo da qual se distribuem de maneira uniforme 200 pessoas. A porta do banco foi aberta durante 30 segundos, após o que é fechada. Considerando que a fila se movimenta com uma velocidade média de 1m/s, qual o número de pessoas que entraram na agência do Banco do Brasil?



Questão 09: Um astronauta, na Lua, vê a Terra em seu horizonte e atira uma pedra em sua direção. Qual será a trajetória da pedra, em relação ao astronauta?

Questão 10: O foguete brasileiro VSB-30 foi lançado do Centro de Lançamento de Alcântara. O foguete subiu a uma altitude de 242 km e, quando os seus motores foram desligados, sua velocidade era de 20000 km/h. Após 10 s do momento em que os motores foram desligados, qual o valor da velocidade do foguete?

Questão 11: Um átomo é composto por partículas portadoras de cargas positivas, negativas ou neutras. Faça um desenho localizando a região do átomo na qual estas partículas se encontram.

Questão 12: A massa de um átomo é a maior parte concentrada no núcleo atômico. Calcule o valor da massa atômica de um átomo de potássio (o qual tem 19 prótons e 20 nêutrons em seu núcleo) considerando que a massa do próton é aproximadamente igual à massa do nêutron e 1832 vezes maior que a massa do elétron.

Questão 13: Dona Nina estava cozinhando um feijão para o almoço, como em todos os dias. Uma coisa a estava deixando intrigada: *como seria possível saber quantos grãos existem em um pacote de 1 kg?* Enquanto Dona Nina estava “perdida” em seus pensamentos, Frederico, seu neto, adentrou a cozinha querendo saber qual seria o cardápio do almoço. Aproveitando que ele estava lá, Dona Nina resolveu perguntar ao neto aquilo que a estava deixando intrigada. Como Frederico poderia responder a esta questão?

Questão 14: Um trator, com velocidade constante, puxa horizontalmente um tronco de árvore por meio de uma corrente, exercendo sobre ele uma força de 1000 N. Considerando-se que o tronco tem um peso de 1500 N, quanto vale a força resultante sobre o tronco?

Questão 15: Conforme o Princípio da Conservação da Energia, a energia mecânica de um sistema se conserva. Considerando uma situação na qual uma criança está se divertindo em um tobogã, e que essa criança possua uma energia mecânica igual a 100 J, qual o valor da energia cinética e da energia potencial quando a criança está sentada se preparando para descer no tobogã?

Querido aluno,

Este questionário é parte integrante de uma pesquisa do Programa de Mestrado em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

O objetivo deste questionário é verificar se você possui os conceitos subsunçores (conhecimento prévio) necessários para a aprendizagem de conceitos de Relatividade Restrita.

Gostaria que você, ao responder as questões, tivesse muita cautela e discernimento. Evite “chutes”, pois o mais importante é você utilizar os conceitos aprendidos nas aulas de Física. Assim, deixe em branco as questões que você não tenha ‘ideia’ de como responder.

As suas respostas são de suma importância para a minha pesquisa. Por isso, faça o melhor ao responder este questionário.

Desde já, agradeço pela sua colaboração.

Abraços,
Kamila Rodrigues Coelho

Dados Pessoais	
Nome:	
Série:	Idade:

APÊNDICE 2: Avaliação Inicial

Questão 01: Associe as grandezas físicas com suas respectivas definições, sabendo que há somente **uma** definição para cada grandeza física.

- | | | | |
|----|--|-----|-----------------------|
| A) | A velocidade da luz é constante e as leis da Física são as mesmas em qualquer referencial inercial. | () | Acidente Nuclear. |
| B) | Energia medida em um sistema de referência no qual está em repouso. | () | Reator Nuclear |
| C) | Ao colidir com o núcleo de um átomo, uma partícula pode ser absorvida e provocar a divisão do núcleo em duas partes. | () | Relatividade Restrita |
| D) | Dois núcleos leves se combinam para formar um núcleo maior. | () | Fusão Nuclear |
| E) | É um dispositivo para a produção de energia a partir de reações nucleares. | () | Energia de Repouso |
| F) | É um acidente no qual o núcleo do reator é danificado | () | Fissão Nuclear |
| | | () | Acidente Radioativo |
| | | () | Força Nuclear |

Questão 02: Explique os postulados da Relatividade Restrita.

Questão 03: É correto dizer que a equação $E=mc^2$ representa o fato de a massa poder ser convertida em energia e vice-versa? Justifique sua resposta.

Questão 04: Explique o processo de fissão nuclear.

Questão 05: O Sol é a grande fonte de energia do Planeta Terra. Durante muito tempo, a origem da energia irradiada pelo Sol foi um mistério para a humanidade. Hoje, as modernas teorias de evolução das estrelas nos dizem que a energia irradiada pelo Sol provém de processos que ocorrem no seu interior, envolvendo núcleos de elementos leves, chamado fusão. Explique o processo que ocorre no interior do Sol.

Questão 06: Um reator nuclear é uma câmara hermética, blindada contra a radiação, na qual é produzida uma reação nuclear para a obtenção de energia. Explique o funcionamento de um reator nuclear de fusão.

Questão 07: Quais são as principais consequências ambientais de um acidente com usinas nucleares?

Questão 08: Qual é o valor da velocidade de uma partícula que possui massa de repouso igual a zero?

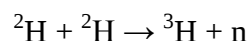
Questão 09: A equação $E=mc^2$, proposta por Einstein, revolucionou a Física no século XX, por ser uma nova fórmula de calcular a energia de uma partícula. A constante c representa a



velocidade da luz no vácuo e vale aproximadamente 3×10^8 m/s. Qual é o valor da energia que se obtém na transformação completa de um grama de massa?

Questão 10: No dia 9 de agosto de 1945, Nagasaki foi bombardeada por uma bomba nuclear chamada *Fat Man*. Foram utilizados 6,4 kg de Plutônio- 239 (^{239}Pu) na bomba. Qual foi a energia liberada?

Questão 11: Uma possível reação de fusão é dada na equação:



Nesta equação, ^2H simboliza o elemento Deutério, ^3H é o elemento Trítio e n o nêutron. Qual é o valor da energia liberada nesta reação?

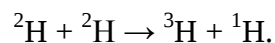


FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL



(Dados: valores das massas atômicas ^2H : 2,014102 u; ^3H : 3,016049 u; n: 1,00867 u.
Sabendo que $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$).

Questão 12: Uma reação de fusão nuclear, frequente em reatores que utilizam ^2H (deutério) como combustível, é descrita pela equação:



Nesta equação, ^2H simboliza o elemento Deutério, ^3H é o elemento Trítio e ^1H . Calcule o valor da energia liberada nessa reação.

(Dados: valores das massas atômicas: ^1H : 1,007825 u; ^2H : 2,014102 u; ^3H : 3,016049 u.
Sabendo que $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$).

Kamila Rodrigues Coelho

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

kamilacoelho@gmail.com



FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL



Prezado aluno,

Este questionário é parte integrante de uma pesquisa do Programa de Mestrado em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

Gostaria que você, ao responder as questões, evitasse “chutes”, pois o mais importante para mim é que você utilize os conceitos aprendidos nas aulas de Física.

As suas respostas são de suma importância para a minha pesquisa. Conto com a sua colaboração para o sucesso da minha pesquisa.

Desde já, agradeço pela sua colaboração.

Abraços,
Kamila Rodrigues Coelho

Dados Pessoais	
Nome:	
Série:	Idade:

APÊNDICE 3: Avaliação Final

Questão 01: Associe as grandezas físicas com suas respectivas definições, sabendo que há somente **uma** definição para cada grandeza física.

- | | | | |
|----|--|-----|-----------------------|
| A) | A velocidade da luz é constante e as leis da Física são as mesmas em qualquer referencial inercial. | () | Acidente Nuclear. |
| B) | Energia medida em um sistema de referência no qual está em repouso. | () | Reator Nuclear |
| C) | Ao colidir com o núcleo de um átomo, uma partícula pode ser absorvida e provocar a divisão do núcleo em duas partes. | () | Relatividade Restrita |
| D) | Dois núcleos leves se combinam para formar um núcleo maior. | () | Fusão Nuclear |
| E) | É um dispositivo para a produção de energia a partir de reações nucleares. | () | Energia de Repouso |
| F) | É um acidente no qual o núcleo do reator é danificado | () | Fissão Nuclear |
| | | () | Acidente Radioativo |
| | | () | Força Nuclear |

Questão 02: Os postulados de Einstein para a relatividade restrita dizem que a velocidade da luz é constante e que as leis da Física são as mesmas em qualquer referencial inercial. Explique com suas palavras os dois postulados de Einstein.

Questão 03: Einstein revolucionou a Física no início do século XX e, mesmo aqueles que não são estudantes de Física conhecem a sua famosa fórmula: $E=mc^2$. Explique o significado dessa famosa fórmula de Einstein.

Questão 04: Na fissão nuclear, núcleos são divididos, liberando energia. Dê um exemplo desse processo físico.

Questão 05: Na fusão nuclear, núcleos leves reagem para formar outro mais pesado, com grande desprendimento de energia. Dê um exemplo desse processo físico.



Questão 06: Um reator nuclear é uma câmara hermética, blindada contra a radiação, na qual é produzida uma reação nuclear para obtenção de energia. Explique o funcionamento de um reator nuclear de fissão.

Questão 07: Quais são as principais causas para que ocorram acidentes nucleares em Usinas Nucleares?

Questão 08: A velocidade de uma partícula medida em certo referencial é c . Qual é a massa dessa partícula nesse referencial e em outro referencial que se move com velocidade constante em relação a este?

Questão 09: Einstein propôs em sua teoria da Relatividade Restrita uma nova fórmula de calcular a energia de uma partícula $E=mc^2$. Sabendo disso, calcule o valor da energia que se obtém na transformação completa de um miligrama de massa. (Dados: $c = 3 \times 10^8$ m/s)

Questão 10: No dia 6 de agosto de 2005, o mundo relembrou os 60 anos do trágico dia em que Hiroshima foi bombardeada, reverenciando os seus mortos. Foram utilizados 60 kg de Urânio (^{235}U) na bomba. Qual foi a energia liberada?

Questão 11: Qual é o valor da energia liberada em uma reação de fusão em que o Deutério (^2H) e o Trítio (^3H) fundem-se originando o Hélio (^4He) e 1 nêutron (n)? (Dados: valores das massas atômicas: ^2H : 2,0141 u; ^3H : 3,0160 u; ^4He : 4,0026 u; n: 1,00867 u. Sabendo que $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27}$ kg.)



Questão 12: Quantas reações do tipo:



no qual o ^{235}U simboliza o elemento químico Urânio, n o nêutron, ^{139}Ba o elemento químico Bário e ^{86}Kr o elemento químico criptônio, por segundo, são necessárias para gerar a potência de 1000 MW?

(Dados: 1 M= 10^6 e 1 W= 1 J/s)

Questão 13: Argumente as dificuldades em lidar com os rejeitos radioativos, suas implicações ambientais e possíveis alternativas para se evitar esses problemas.



FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL



Desde já, agradeço pela sua colaboração.

Abraços,
Kamila Rodrigues Coelho

Dados Pessoais	
Nome:	
Série:	Idade: