

Trabalho colaborativo no ensino de física mediado por tecnologias educacionais em rede para resolução de problemas

Wagner Duarte José¹, Fábio da Purificação de Bastos²

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil. ²Universidade Federal de Santa Maria, Brasil. E-mails: wagjose@gmail.com, fabio@ufsm.br

Resumo: As diretrizes e objetivos do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), enquanto mecanismo de acesso às instituições públicas de ensino superior e de melhoria da educação básica, impõem demandas aos cursos de formação de professores. Para o Ensino de Física, este contexto implica na problematização dos conhecimentos e práticas educacionais, em particular, a resolução de problemas. Neste trabalho, analisamos estratégias colaborativas mediadas por tecnologias educacionais em rede para a resolução aberta de questões da prova de Ciências Naturais e suas Tecnologias do ENEM referentes à Física, implementadas na ferramenta de atividade wiki do Moodle, em disciplinas de Ensino de Física do curso de licenciatura em Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. As questões trabalhadas articulam interdisciplinaridade, energia e contextualização segundo o par ciência-tecnologia, em conformidade com a abordagem temática e conceitual unificadora do conhecimento. Nas análises, revelamos o potencial dessa abordagem no ensino-aprendizagem via resolução aberta de questões do ENEM. Além disso, contribuimos para integração das tecnologias e convergência das modalidades educativas como processo educacional como prática da liberdade.

Palavras-chave: tecnologias educacionais em rede, resolução de problemas, ENEM.

Title: Collaborative work in physical education mediated by technology education network for solving problems of National High School Exam.

Abstract: The guidelines and objectives of the National High School Exam (NHSE), as a mechanism for access to public institutions of higher and improving basic education teaching, impose demands on teacher training courses. For Physics Education, this context implies the questioning of knowledge and educational practices, in particular the resolution of problems. We explore collaborative strategies mediated through educational technologies in network to open resolution proof of questions of Natural Sciences and its technologies of NHSE related to physics, implemented in wiki activity tool of Moodle in Physics Teaching disciplines of the undergraduate program of the Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. The issues worked articulate interdisciplinary, energy and context according to the pair science-technology, in accordance with the thematic and conceptual approach unifying knowledge. In the analysis, we reveal the potential of this approach in the teaching-learning through open resolving issues of NHSE. In addition, we contribute to integration of technologies and

convergence of educational modalities such as educational process as a practice of freedom.

Keywords: educational technologies in network, solving problems, NHSE.

Introdução

A implantação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) como concurso público de acesso às universidades públicas federais e estaduais e aos institutos federais de educação científica e tecnológica tem sido polêmica. Diversos pesquisadores têm se preocupado em estudar as questões do ENEM a fim de verificar se são coerentes com seus objetivos e alinhadas aos documentos oficiais da educação pública brasileira (Maceno, Ritter-Pereira, Maldaner e Guimarães, 2011; Miranda et al., 2011; Peixoto e Linhares, 2010; Pinheiro e Ostermann, 2010).

A precariedade do Ensino de Física nas escolas brasileiras, em particular as dificuldades com a resolução de problemas do ENEM (Gonçalves Jr. e Barroso, 2014) impõe demandas aos cursos de formação de professores. É preciso problematizarmos os conteúdos e a abordagem dessa disciplina, criando oportunidades para a discussão dos conhecimentos e práticas educacionais.

Frente a este contexto, analisamos estratégias colaborativas mediadas por tecnologias educacionais em rede para resolução aberta de questões da prova de Ciências Naturais e suas Tecnologias do ENEM referentes à Física. Implementamos isso com a ferramenta de atividade wiki do Moodle, nas disciplinas Instrumentação para o Ensino de Física I e II, do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), localizada no Estado da Bahia, Brasil.

As questões trabalhadas articulam interdisciplinaridade, energia e contextualização segundo o par ciência-tecnologia. Além disso, estão em conformidade com a abordagem temática e conceitual unificadora do conhecimento proposta por Angotti (1993) para a organização do processo ensino-aprendizagem de Ciências/Física, como forma de romper com o currículo fragmentado que se pratica nas escolas.

Objetivamos destacar o potencial dialógico-problematizador dessa abordagem que requalifica o par conteúdo-metodologia no ensino de Física. Neste sentido, explicitamos as contribuições do trabalho colaborativo em rede e da resolução aberta de questões do ENEM, mediada pela ferramenta de atividade wiki e pela heurística hipermediática na formação inicial de físicos-educadores como processo educacional para *ser mais* (Freire, 1987).

Fundamentação teórica

As Orientações Nacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, chamadas de PCN+, foram desenvolvidas com o objetivo de apresentar, de forma contextualizada e interdisciplinar, sugestões de práticas educativas e organização curricular para o trabalho pedagógico na escola (Ministério da Educação Brasil, 2002). Para isso, propõem o desenvolvimento de competências gerais relacionadas à área de Ciências Naturais, Matemáticas e suas Tecnologias, articuladas por meio de

temas estruturadores.

Os Temas Estruturadores do Ensino de Física (TEEF) buscam organizar o conhecimento escolar privilegiando uma abordagem epistemológica integradora contemplando conhecimentos, ações e informações voltados para o desenvolvimento de competências, habilidades, atitudes e valores necessários à formação da cidadania (Ministério da Educação Brasil, 2002).

Devem estar relacionados, portanto, com a natureza e a relevância contemporânea dos processos e fenômenos físicos, cobrindo diferentes campos de fenômenos e diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais que dão consistência ao saber da Física e permitem um olhar investigativo sobre o mundo real. (Ministério da Educação Brasil, 2002, p. 69)

Os TEEF consideram que, para estruturar o conhecimento físico escolar, é necessário consideramos elementos do mundo vivencial dos estudantes em conexão com ações e intervenções concretas na sala de aula. São seis temas estruturadores: 1- Movimentos: variações e conservações; 2- Calor, meio ambiente e usos da energia; 3- Som, Imagem e Informação; 4- Equipamentos Elétricos e Telecomunicações; 5- Matéria e Radiação; 6- Universo, Terra e Vida.

Verificamos na literatura que pouca atenção tem sido dada à forma como os TEEF estão sendo contemplados nas provas de Ciências Naturais e suas Tecnologias (CNT) do ENEM. Exceção se faz ao trabalho de Peixoto, Martins e Linhares (2009) que destacaram os assuntos relevantes de Física presentes nas questões do ENEM no período 2005-2008, elegendo o tema estruturador 2 (calor, ambiente e usos da energia) como central para a abordagem de questões abertas na sala de aula numa perspectiva crítica e investigativa.

Os estudos desses autores coadunam com outro objetivo do ENEM, qual seja, orientar as mudanças na educação básica, haja vista a influência que os exames seletivos têm sobre o currículo escolar. As possibilidades de utilizar as diretrizes e questões do exame no ensino formal podem conferir mudanças qualitativas neste nível de ensino, em particular no ensino de Física (Peixoto e Linhares, 2011).

Hernandes e Martins (2013) realizaram um estudo detalhado das questões envolvendo Física nas provas de CNT do ENEM dos anos 2009 a 2011, agrupando-as e categorizando-as a partir de competências e habilidades da área, expressas na matriz de referência do exame. Na medida em que elegeram as categorias emergentes das questões, os autores destacaram quais conhecimentos estão sendo pautados/sugeridos para a física escolar de nível médio, inclusive, verificando a relação com os PCN+.

Cotidiano, tecnologias, funcionamento de aparelhos, projetos relacionados à segurança e economia, aproveitamento do lixo e de novas fontes de energia, impactos ambientais e econômicos de intervenções humanas, interpretação de experimentos, projeção/revisão com auxílio de cálculos, explicação de fenômenos naturais, demonstram o amplo leque de possibilidades de trabalho pedagógico inovador (Hernandes e Martins, 2013), inclusive a partir da inserção das questões do ENEM em sala de aula

(Peixoto et al., 2009; Peixoto e Linhares, 2010).

Problemas atuais de geração de energia no país, incluindo formas alternativas e mais eficientes, desenvolvimento de uma matriz energética menos agressora ao ambiente e que leve em conta aspectos sociais além dos econômicos, foram aspectos abordados nas provas do ENEM no período 2004-2008, segundo estudo realizado por Guariglia, Viggiano e Mattos (2009).

Recentemente, investigamos articulações entre os princípios de interdisciplinaridade e contextualização, os TEEF e o conceito unificador energia (Angotti, 1993), presentes nas questões que abordavam conhecimentos relacionados à Física das provas de CNT, no período 2009-2012 (José, Braga, Nascimento e De Bastos, 2014).

Das 80 questões que pesquisamos, percebemos a prevalência dos temas estruturadores 2 (em 22 questões) e 4 (em 20 questões); no conjunto destes temas, encontramos 26 contextualizadas envolvendo, em geral, situações do cotidiano relacionadas ao par ciência-tecnologia. Esses temas contêm 14 das 17 questões inter ou parcialmente disciplinares mapeadas no referido estudo (segundo os autores citados, a solução de uma questão interdisciplinar articula conhecimentos relevantes de duas ou mais disciplinas, em uma questão parcialmente disciplinar apenas o conhecimento de uma dessas é suficiente para resolver a questão).

Em nossas análises verificamos que o conceito energia emerge destes temas como articulador dos princípios de interdisciplinaridade e contextualização. Segundo Angotti (1993), energia é um conceito unificador de grande poder de abstração e síntese, de caráter supradisciplinar, capaz de estabelecer relações entre os conhecimentos de CNT e/ou de outras esferas do conhecimento, e as “contradições do cotidiano permeado pelo natural, tanto fenomênico como tecnológico” (Angotti, 1993, p. 195).

Em artigo recente, sugerimos quais dessas questões poderiam ser trabalhadas na sala de aula privilegiando as articulações entre interdisciplinaridade, energia e contextualização, segundo o par ciência-tecnologia (IEC/CT), no sentido de problematizarmos o conhecimento educacional em Física.

Energia, seja na forma de calor ou elétrica, relacionada ao meio ambiente, tecnologia, eletromagnética e de telecomunicação, com excepcional potencial temático interdisciplinar e unificador é bem avaliada pelos pesquisadores da área de Ensino de Física para estruturar o ensino médio? Ou será que Temas Estruturadores do Ensino de Física mais próximos da hegemonia curricular da mecânica têm mais potencial inovador para unificar o conceitual ensino médio de Física? (José, Braga, Nascimento e De Bastos (2014, p. 185).

A escolha de questões do tipo IEC/CT vai ao encontro dos critérios elaborados por SOUZA (2004, p. 233) ao considerar a resolução aberta de problemas em Física: ser contextualizado contemplando o tripé ciência-tecnologia-sociedade, contemplar algum conceito unificador, possuir vínculo com a produção do conhecimento com significado histórico de novas teorias, pertencer a um material didático de referência. A esse respeito Souza, De Bastos e Angotti (2008, p. 313) ressaltam:

Precisamos investir didaticamente na problematização da referida situação escolar, criando estratégias que potencializem os envolvidos a dialogarem tematicamente, capacitando-os para resolverem a partir de procedimentos gerais diferenciados problemas (fechados e abertos), ou seja, desenvolver procedimentos e habilidades dialógico-problematizadores de Física.

Em sua tese, Souza (2004) propôs o Trabalho de Ensino-Investigação-Aprendizagem (TEIA), um algoritmo para a resolução aberta de problemas em Física na perspectiva dialógico-problematizadora composto de onze passos – leitura e transformação do enunciado, hipóteses, o que temos?, o que queremos?, esboce um esquema da situação, organize a solução, desenvolva a resolução, descreva os pontos fundamentais, o que significa o resultado?, desafio mais amplo. O algoritmo TEIA favorece a organização da resolução e possibilita o aluno a “viver um processo de investigação análogo ao método científico (...) problematizar o próprio problema e a ter hipóteses, o que não é permitido pelo ensino tradicional” (Kielt, Souza e Mion, 2006, p. 8).

Souza e De Bastos (2006) desenvolveram um ambiente multimídia de educação monitorada (AMEM) para a mediação tecnológica do TEIA, denominando-o AMEM-TEIA. O AMEM-TEIA tornou eficiente o diálogo entre professor e alunos em torno da resolução de problemas (RP) e das ações colaborativas entre esses, por meio das tecnologias de informação e comunicação (TIC). Os autores concluíram suas análises do trabalho desenvolvido ressaltando a necessidade dessas estratégias serem investigadas em maior profundidade. Apoiados em Gil-Pérez et al. (1999), destacaram também a importância de serem implementadas práticas de RP, conectando-as com atividades experimentais e teoria, na formação inicial e permanente.

Atualmente, a articulação de estratégias de RP com objetos de ensino-aprendizagem hipermediáticos mostra-se muito eficaz no processo ensino-aprendizagem. Quando realizada num contexto problematizador, a mediação tecnológica educacional torna o processo de RP mais dinâmico, não-linear e interativo, “os estudantes se empenham, desenvolvem a curiosidade e logo entendem o fenômeno físico associado ao fato que eles observam no seu cotidiano (e também na hipermedia educacional)” (Abegg, De Bastos, Vidmar e Richter, 2012, p. 27).

Neste contexto, Vidmar (2013) implementou atividades de estudo hipermediáticas de Física mediadas pela ferramenta wiki do Moodle junto a físicos-educadores em formação inicial da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O termo wiki refere-se a um software colaborativo que auxilia grupos de pessoas envolvidas em tarefas comuns (ou objetivos) a editarem documentos com uma linguagem “simples” e eficaz, com estrutura de navegação não-linear e ligações para outras páginas formando um hipertexto ou uma hipermedia (Abegg, De Bastos e Müller, 2010).

Os seguintes passos compõem o percurso didático-metodológico proposto por Vidmar (2013): escolha de uma temática de Física e de uma hipermedia correspondente nos portais oficiais da internet, elaboração de uma situação-problema relacionada a essa temática, estruturação da heurística de resolução da situação-problema contendo um passo a passo problematizado

com os estudantes e resolução propriamente dita. O autor concluiu que:

1) a interatividade da hipermídia proporciona a experimentação com o material de estudo da AE da Física; 2) a interação potencializada pela hipermídia contribui para o envolvimento dos estudantes e para a realização das operações da AE de Física; 3) a visualização potencializada pela hipermídia contribui para o desenvolvimento das ações da AE de Física; 4) e a flexibilidade cognitiva potencializada pela hipermídia possibilita a aplicação dos conhecimentos físicos, abordados na AE de Física, em outros contextos. (Vidmar, 2013, p. 103)

Interatividade, interação, visualização e flexibilidade cognitiva são conceitos-chave de uma hipermídia com intencionalidade voltada aos objetivos educacionais (Vidmar, 2013), contribuindo significativamente para o desenvolvimento de Atividades de Estudo (AE) de Física (Alberti e De Bastos, 2008).

Esse processo educacional tem sido mediado pela ferramenta wiki do Moodle, que requer a participação colaborativa dos sujeitos educativos em todas as etapas, vivenciando processos cíclicos espiralados de ação-reflexão-ação na perspectiva do *ser mais*, conforme ressaltam Abegg et al. (2010, p. 206):

Plataformas colaborativas como Wikis, acrescentam outras perspectivas ao processo de ensino-aprendizagem, proporcionando novas maneiras de realizar as atividades de estudo, agregando dimensões como planejamento colaborativo de projetos com aplicações e funcionalidades específicas, nos quais professores e alunos podem trabalhar em rede, colaborativamente, sobre um tema.

Esses autores chamam a atenção para alguns obstáculos a serem vencidos na perspectiva da prática educacional como liberdade: a cultura escolar marcada pela individualidade e as dificuldades de manuseio prático do wiki e da experiência de autoria de produção. Entretanto, destacam que é possível propor e concretizar um trabalho dialógico-problematizador e emancipatório, pautado em colaboração, participação e autoria do conhecimento, mediado pelo Moodle e ferramenta wiki, acreditando na potencialidade ontológica do “*ser mais em colaboração*” (Abegg et al., 2010).

A intenção de propormos aos físicos-educadores, em formação inicial, a resolução colaborativa das situações-problema do ENEM mediada pela ferramenta wiki do Moodle alinhava, portanto, três dimensões significativas para o ensino de Física atual: a articulação entre IEC/CT e TEEF, o uso do Moodle e da ferramenta wiki no processo ensino-aprendizagem, as diretrizes e orientações dos exames nacionais para a educação básica. Nosso olhar sobre estas dimensões é referenciado na educação dialógico-problematizadora (Freire, 1987) e na pesquisa-ação emancipatória (De Bastos, 1995).

Contexto e metodologia

O caminho que delineamos para trabalhar as questões do ENEM na formação de professores foi discutir sua abordagem nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física I e II, do curso de Licenciatura em

Física da UESB – Campus de Vitória da Conquista, oferecidas no sexto e sétimo semestre, respectivamente, cada uma com carga horária de 120 horas aulas. Nessa etapa do curso, os físicos-educadores em formação inicial (licenciandos) desenvolvem atividades conectando formação geral, formação específica e estágio supervisionado, vivenciando-os na forma de conhecimentos teórico-práticos da formação profissional.

Desenvolvemos uma pesquisa-ação (De Bastos, 1995) entre os meses de setembro de 2013 e abril de 2014. A coleta de dados foi realizada por meio de atividades mediadas pelo Moodle, utilizando-o como suporte ao ensino presencial, junto a 15 licenciandos que cursaram a disciplina. Foi necessário instrumentalizá-los para o trabalho, tendo em vista que o Moodle não é adotado no curso.

Iniciamos a disciplina discutindo o artigo de Correia, Da Silva, Silva e Meira (2004), que aborda a situação do ensino da Física no município de Vitória da Conquista e em quatro municípios circunvizinhos, destacando os condicionantes em que os professores estão envolvidos no seu trabalho educativo, representativos das situações-limites (Freire, 1987) educativas.

As reflexões de Menezes (1980) em torno do por que e para que ensinar Física tem sido nossa ponta de lança para a discussão deste contexto, no que se refere à formação de professores. Abrimos um fórum no Moodle para os licenciandos opinarem a respeito do ensino de Física na escola, relacionando-o com o texto abordado em sala, que propõe a dialogicidade freireana e o contexto histórico-social e científico-tecnológico como pertinentes à recondução do processo ensino-aprendizagem em Física.

A contraposição à tradicional resolução de problemas foi tensionada a partir do trabalho de Gil-Pérez et al. (1992), com atenção para a transformação do enunciado de problemas fechados em abertos, e problematizada segundo o algoritmo TEIA (Souza et al., 2008). Para tanto, realizamos colaborativamente a transformação de um problema fechado em um problema aberto envolvendo um chaveiro-laser, conectando a Física Moderna e Contemporânea (tópicos como fótons, interação da radiação com a matéria, laser) ao atual contexto tecnológico em que vivemos, resolvendo-o abertamente como exemplar.

Pautamos a discussão em torno da resolução das questões do novo ENEM pela vertente unificadora do conhecimento (Angotti, 1993) a partir do mapeamento realizado anteriormente (José et al., 2014), buscando contemplar a articulação IEC/CT no recorte das questões pertinentes aos TEEF 2 e 4.

A problematização do conteúdo didático-pedagógico destas questões para a Educação Científico-Tecnológica foi realizada numa aula ministrada em conjunto com o Prof. Dr. Fábio da Purificação de Bastos, da UFSM, na ocasião em que visitou a UESB para desenvolver atividades correlatas à pesquisa, etapa importante de reflexão e replanejamento colaborativo da espiral investigativa de Lewin (De Bastos, 1995).

Nesta aula, situamos, também, o novo ENEM no contexto das políticas públicas para a democratização da educação. Demarcamos o contraste entre a resolução aberta de questões do ENEM e sua parametrização dos currículos escolares como necessários ao desvelamento do mundo

tecnocientífico versus o caráter reducionista de sua abordagem, quando prescrita como mera substituição de vestibulares.

Assim, o trabalho educativo que se seguiu foi mediado pela ferramenta wiki do Moodle. Foram propostas a seis grupos de dois a três licenciandos algumas questões dos anos 2009-2011 do ENEM referentes aos TEEF 2 e 4, delimitadas pela articulação IEC/CT. As questões foram retiradas das provas amarelas de CNT, sendo uma delas que havia sido cancelada em 2009 (número 35) e outra da prova realizada no mesmo ano (número 8), três do ano de 2010 (números 57, 65, 87), e uma de 2011 (número 78).

Todas as questões eram qualitativas, duas referentes ao efeito estufa, uma relacionada à célula de combustível e três abordando a matriz energética e os impactos ambientais. Além disso, oportunizavam a discussão de temas contemporâneos da Física.

A problematização inicial foi feita em aula, sendo que cada grupo identificou a qual tema estruturador, unidade temática e subunidade pertencia a questão, e realizou a transformação do enunciado fechado em aberto, discorrendo sobre as possibilidades de resolução. Em rede, cada grupo trabalhou numa área do wiki do Moodle, elaborando e atuando colaborativamente com os colegas.

O restante da resolução foi feita de modo assíncrono. Cada grupo utilizou as potencialidades da ferramenta wiki para confeccionar a solução via rede internet, atuando coletivamente e colaborativamente. Dessa forma, puderam interagir entre si contribuindo na leitura e resolução da questão de seu grupo compartilhando-a a todos os grupos sem, necessariamente, estarem reunidos no mesmo espaço. Os registros das atividades realizadas nas ferramentas fórum e wiki do Moodle estiveram disponíveis para a visualização de todos e posterior recuperação da atividade em aula, constituindo boa parte da fonte de dados de pesquisa.

Observamos que os grupos tiveram dificuldade em perceber os conhecimentos de Física envolvidos nas questões, o que foi resolvido na medida em que exercitaram a busca pela unidade e subunidade de cada tema estruturador. Ainda assim, apresentaram soluções curtas, sem o devido detalhamento para quem havia sido desafiado a resolvê-las na condição de futuros professores que ensinariam a respeito da resolução de problemas.

Nossas reflexões apontaram para dois encaminhamentos: 1- solicitar aos grupos para corrigirem/complementarem as soluções uns dos outros; 2- realizar novos caminhos de problematização da atividade de resolução de problemas do ENEM, aprofundando seu significado. Posteriormente, os grupos foram orientados a corrigir/complementar a resolução de um outro grupo, seguindo a primeira opção.

Nesta etapa, observamos a dificuldade de alguns grupos em explicitarem a "física do problema". Por ser interdisciplinar, uma questão poderia ter sua solução resolvida mais diretamente por conhecimentos normalmente ensinados em outras disciplinas.

Isto aconteceu, por exemplo, para a questão 8 do ano 2009 (prova amarela), cuja ideia central era verificar os possíveis impactos de

construção de uma usina hidrelétrica. Os estudantes perceberam a conservação da energia, mas não associaram os tipos de energia envolvidos, a importância do desnível da água e a vazão associada ao grande volume de água causando o alagamento de grandes áreas.

Dando sequência ao planejamento da disciplina, apresentamos aos licenciandos o contexto das mídias na educação e os passos para elaboração de uma atividade hipermediática no ensino de Física, exemplificando com o desenvolvimento da atividade de estudo hipermediática intitulada "Lâmpadas de neônio e outras lâmpadas de descarga" (Vidmar, 2013).

Esta atividade consiste na resolução da situação-problema "Como funcionam as lâmpadas fluorescentes?", segundo uma sequência de passos apropriada ao diálogo descodificador do fenômeno físico de produção de luz, a partir de um equipamento presente no cotidiano tecnológico do estudante, de modo este que compreenda o espectro eletromagnético e os processos de interação da radiação com a matéria.

Visando o aprofundamento da atividade e as suas possibilidades pedagógicas desenvolvemos o segundo encaminhamento de nossa reflexão, realizando uma nova problematização das questões do ENEM. Resolvemos a questão 01 da prova de CNT amarela do ano 2009 através do algoritmo TEIA no final da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física I, e postamos no Moodle (Anexo 1).

Essa questão destaca a contribuição dos gases traços para o efeito estufa, em particular, o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera desde a Revolução Industrial e, mais recentemente, pelo desmatamento, contribuindo para o aumento da temperatura em escala global. Por ser uma questão interdisciplinar, sua solução pode ser obtida através de conhecimentos de Ecologia ou mesmo, de Biologia. Porém, a sua problematização em sala de aula, revelou que os estudantes não percebem o efeito estufa como um fenômeno físico.

Por meio de duas questões destacadas na avaliação final da disciplina realizada através da atividade tarefa do Moodle, os licenciandos ponderaram sobre: 1) a mediação/contribuição do Moodle e da atividade wiki para o desenvolvimento disciplina; 2) a possibilidade de trabalharem com a resolução aberta de questões do ENEM durante o estágio supervisionado. Essas respostas também compuseram o banco de dados desta pesquisa.

No início da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física II, em continuidade, desenvolvemos uma atividade de estudo hipermediática referente à questão do ENEM apresentada acima, com apoio da hiperídia "O Efeito Estufa" (Anexo 2). Esta opção metodológica contrastou com a heurística TEIA, que desvelou o efeito estufa a partir da Lei de Stefan. Segundo alguns estudantes a AE seria uma forma alternativa para explicar o fenômeno físico envolvido em aulas do Ensino Médio sem recorrer a um conhecimento aprofundado de Física Moderna e Contemporânea.

Resultados

O próprio Moodle, como ambiente de mediação do trabalho pedagógico em rede, resultou numa proposta inovadora para o curso. O estranhamento inicial deu lugar ao posicionamento crítico da turma em relação aos

Ambientes Virtuais de Ensino-Aprendizagem (AVEA). As expressões de alguns licenciandos referentes à mediação/contribuição do Moodle sintetizam as impressões da turma (ML1, ML2, ..., refere-se à resposta do licenciando 1, 2,...):

“Ao longo da minha trajetória acadêmica foi nessa disciplina que tive a minha primeira experiência com uma ferramenta pedagógica como o Moodle. Através dessa plataforma as aulas não se restringiram a apenas aos momentos de sala de aula, através do Moodle tivemos acesso a muitos conteúdos teóricos e uma dinâmica na realização de atividades interessante que contribuiu no desenvolvimento da disciplina”. (ML1)

“O Moodle foi importante, pois permitiu uma maior interação entre os alunos, e quem pouco falava em sala, se sentia mais livre para expressar sua opinião sobre determinado assunto”. (ML2)

“O Moodle é uma ferramenta que ajudou no quesito de ensinar, pois não era necessário estar em sala de aula para que as discussões pudessem ocorrer”. (ML3)

“O fórum foi a melhor maneira de dialogar com o professor e nossos colegas, pois normalmente os alunos são tímidos dentro da sala de aula, e no fórum há possibilidade de externar ideias e até críticas”. (ML4)

Questões do ENEM do tipo IEC/CT permitiram a abordagem do conhecimento nesta perspectiva, a partir da simetria invertida: ir da situação-problema para o estudo crítico dos conceitos, leis, teorias e fenômenos conhecimento físico (Menezes, 1980; Ministério da Educação Brasil, 2002). Por isso, contextualização e interdisciplinaridade foram critérios essenciais para a escolha da questão.

No nosso caso, o fato da própria turma vivenciar/realizar uma AE dessa natureza contribuiu para que rompessem com a prática de apresentar boa parte da teoria antes de quaisquer atividades de resolução de problemas (Menezes, 1980). A heurística hipermediática também catalisou a interação em torno da resolução da situação-problema do ENEM na medida em que ampliou e fortaleceu o diálogo entre estudantes-estudantes e estudantes-professor.

Verificamos uma maior interação nas atividades mediadas pela ferramenta wiki, que resultou em uma prática educacional para a liberdade (Freire, 1987) viável-possível, colaborativa e dialógico-problematizadora (De Bastos, 1995) inédito-viável, conforme sintetizam algumas expressões dos licenciandos (WL1, WL2, ..., refere-se à resposta do licenciando 1, 2,...):

“Através dessas atividades, além da nossa produção, tínhamos acesso à dos nossos colegas. Através desse contato com as diferentes opiniões e posicionamentos dos outros colegas frente a um problema comum, as Wiki nos auxiliaram no trabalho em conjunto, no qual cada colega vai ajudando o outro na construção e desenvolvimento da atividade.” (WL1)

“A Wiki possibilitou que executássemos atividades com maior

liberdade." (WL2)

"A Wiki permitiu que as resoluções de atividades fossem compartilhadas com todos os alunos possibilitando comparar, corrigir e refazer as respostas. Isso contribuiu para uma maior aprendizagem". (WL5)

"Ferramentas como as Wiki nos permitiam fazer atividades, mesmo que fosse difícil a reunião dos grupos pessoalmente, por exemplo. As Wiki nos permitiram desenvolver atividades, mesmo que alguns colegas morassem em outras cidades". (WL6)

Os licenciandos perceberam a organização da resolução, que possibilitou visualizar os três momentos pedagógicos e o caráter investigativo da heurística TEIA, fator essencial para o trabalho com as questões do ENEM na perspectiva IEC/CT. As expressões abaixo são representativas de algumas ponderações destacadas na avaliação final da disciplina e validadas na discussão com o conjunto da turma:

"O trabalho segundo o algoritmo TEIA nos permite uma organização no desenvolvimento de resolução de problemas. Nele nós podemos respeitar os três momentos pedagógicos, tendo assim uma resolução mais eficaz no que diz respeito principalmente a contextualização dos problemas". (L6)

"E também pelo fato de podermos junto com eles [estudantes do ensino médio] aprender a investigar e pesquisar melhor os problemas de física... É uma forma de desenvolver neles uma prática mais investigativa e que os levem a entender melhor o mundo onde vivem". (L7)

Entretanto, ponderaram como principal dificuldade de implementação desta proposta nas escolas, a organização temporal e a logística tecnológica disponível para o ensino de Física, em geral, poucos encontros presenciais apenas, conforme exemplificado abaixo:

"... porém as aulas na escola pública são poucas, é apenas duas aulas semanais de 50 minutos cada, é um tempo muito curto para que se possa aplicar o algoritmo TEIA". (L8)

Discussão

A resolução fechada de exercícios tem sido a principal abordagem metodológica nas aulas de Física das escolas brasileiras. Tradicionalmente, o professor expõe o conteúdo (conceitos, leis e princípios) para, em seguida, realizar um ou dois exemplos envolvendo equações, com o intuito de ensinar o conteúdo físico via resolução de problemas-tipo. Via de regra, estabelece algumas variantes dos problemas para serem resolvidos e realiza posteriormente uma prova com estas, para verificar a aprendizagem pretendida (extratos dos depósitos realizados) (Freire, 1987).

Nossa opção didático-metodológica para confrontar a resolução de problemas na formação inicial de físicos-educadores destacou as seguintes problematizações: 1- o contexto educacional; 2- o porquê e para quê/quem ensinar Física; 3- as políticas públicas em educação no âmbito do ENEM e suas contribuições para a qualidade da educação; 4- o trabalho com as TIC,

inserindo-as no contexto atual da educação científica e tecnológica; 5-estratégias abertas de resolução de problemas via ferramenta wiki do Moodle.

As expressões dos estudantes L1 e L2 sintetizam as potencialidades do Moodle para o desenvolvimento da educação como prática da liberdade no escopo das atuais tecnologias da informação e comunicação, em sintonia com nossa existência histórica (Freire, 1987). A ferramenta fórum marcou decisivamente o diálogo entre os sujeitos educativos (principalmente no que se refere às problematizações 1 e 2 elencadas acima). A interação assíncrona no processo ensino-aprendizagem revelou um novo caminho de pensar/viver a formação profissional que não se limita ao espaço de quatro paredes (presencial), mas o transcende inclusive na concepção de ser estudante, pois sugere uma nova dimensão: a de ser 'estudante conectado' num 'mundo conectado'.

A problematização 3 foi incorporada à discussão da resolução de problemas em Física buscando provocar os estudantes a pensarem para que/quem ensinam Física e perceberem o sentido da contextualização na apreensão do conhecimento. A situação-problema na concepção freireana da educação impõe-nos a condição de olharmos "situações locais (identificadas pelos estudantes e professores) que abrem perspectivas para a análise de problemas (problematização) nos âmbitos local, regional, nacional e universal" (Abbeg et al., 2014).

A articulação dos princípios simetria invertida, contextualização e interdisciplinaridade, pela via abordagem temática e conceitual unificadora, energia tornou-se central nas 'unidades estruturadas do conhecimento escolar' (Angotti, 1993) nessas provas. O que também aconteceu em relação aos TEEF 2 e 4, conforme revelou a situação-problema abordada na atividade de estudo hipermediática que trabalhamos em sala de aula (Anexo 2).

Na AE, os passos indicados intencionavam transformar inicialmente o enunciado da questão, de fechado para aberto, a fim de se ter uma referência mais ampla para a problematização inicial, e guiar o percurso didático da hipermídia "O Efeito Estufa" na organização do conhecimento. O passo final indicando para o aluno resolver a situação-problema inicial foi o terceiro momento dialógico-problematizador (Delizoicov, Angotti, e Pernambuco, 2011) de retorno à condição inicial vendo-a com os "óculos do par ciência-tecnologia".

A heurística hipermediática envolvendo o efeito estufa também serviu a outra provocação, a de desenvolvermos conteúdos e atividades da Física Moderna e Contemporânea, base para a compreensão do mundo técnico-científico atual, visando sua inclusão nos conteúdos escolares.

A partir dos conceitos de flexibilidade cognitiva, interatividade e visualização, a heurística hipermediática possibilitou aos físicos-educadores perceberem que é viável ensinar alguns conceitos-chave de física quântica no ensino médio – fótons e emissão fotônica, por exemplo, conforme destacado no Anexo 2.

A resolução aberta de questões da prova de CNT referentes à Física, mediada pela ferramenta wiki, mostrou-se eficaz e essencial para promover

a interação, de forma síncrona e assíncrona, presencial e em rede.

Uma possibilidade de rompermos com a situação-limite 'implementação desta proposta nas escolas' seria: a) buscarmos uma otimização do processo de resolução, sintetizando os passos da heurística ou b) investir mais diretamente nas heurísticas hipermidiáticas relacionadas a questões do tipo IEC/CT do ENEM na interface disciplinar da Física que contemplariam em maior grau o tema 4, que possui o maior conjunto de questões numéricas (José et al., 2014).

É essencial também explorar a interdisciplinaridade com as outras disciplinas da área de CNMT, na medida em que questões do ENEM do tipo IEC/CT dessas disciplinas podem ser mapeadas. Infelizmente, "o último ENEM foi bastante frustrante nesse aspecto [...] se o ENEM continuar como foi a última prova, haverá um retrocesso", afirma o licenciando L9 referindo-se à prova de CNT de 2013, que praticamente não apresenta questões interdisciplinares. Aspectos como este revelam as tensões em torno de políticas públicas que podem fazer transparecer nuances da tradicional seleção realizada pelos vestibulares (José et al., 2014).

Conclusões

Na perspectiva da educação como prática da liberdade (Freire, 1987) a prática educativa precisa andar sintonizada com a história da humanidade, apropriar-se dos meios mais atuais para prover a educação como processo de conscientização para a liberdade. Uma das contribuições originais deste trabalho é a problematização das situações-problema das questões dos exames nacionais brasileiros, que tem mudado a história da educação brasileira. Além desta contribuição, ressaltamos o trabalho de pesquisa em Ensino de Física mediado pelos meios tecnológicos mais atuais, ou seja, hipermídias educacionais em rede funcionando em ambiente virtual de ensino-aprendizagem (Moodle).

Destacamos ainda em termos de contribuição original deste trabalho, o componente que os resultados desta pesquisa-ação emergem como processo de conscientização da urgência da integração das TIC e da convergência de modalidades educativas no processo ensino-aprendizagem, levando a outro patamar a prática escolar. Patamar da prática escolar em Física que entendemos como conscientização para a liberdade.

A mediação em rede via Moodle e o desenvolvimento de atividades de resolução de problemas de Física na sua ferramenta de atividade wiki destacaram não apenas a efetividade dos conceitos de interação, interatividade, visualização e flexibilidade cognitiva (Vidmar, 2013), mas também a possibilidade viável-possível de colaboração discente. Isso é essencial e original, pois contribui para a problematização temática e conceitual unificadora pretendida, no âmbito da prática educacional dialógica.

Finalmente, em termos de conclusão sinalizadora de contribuições originais para a área de Ensino de Ciências/Física, destacamos o trabalho de pesquisa-ação como componente do movimento social do software livre educacional (conjunto hipermídia, heurística e ambiente virtual). Na perspectiva da educação como prática da liberdade é fundamental criar

condições mediadoras efetivamente abertas e livres no escopo da pesquisa, ensino e aprendizagem científico-tecnológica.

Implicações

As principais implicações desta pesquisa em Ensino de Ciências/Física, prioritariamente já foram evidenciadas na e para a prática educativa. O desenvolvimento e implementação da heurística hipermediática contribuíram para a resolução da questão do ENEM numa perspectiva investigativa, favorecida pela articulação IEC/CT, viável-possível de ser desenvolvida nas escolas. Sem este desenvolvimento a pesquisa-ação implementada ficaria restrita ao âmbito de mais uma proposta.

Além disso, em nosso caso, as implicações do caráter supradisciplinar do conceito unificador energia, presente nas questões trabalhadas, pode potencializar interfaces necessárias para interagirmos com os colegas das outras disciplinas da área de CNMT (Angotti, 1993). Isso concretamente pode gerar trabalhos integrados de pesquisa em Ensino de Ciências.

Segundo nossas conclusões anteriores, os físicos-educadores em formação inicial perceberam uma implicação essencial que é o caráter inovador da proposta, tendo em vista que: as AE favoreceram estudos colaborativos de revisões, correções e desenvolvimento fora do escopo da aula; proporcionaram maior liberdade para comparar, comentar, refazer e compartilhar as resoluções; incentivaram a interatividade e colaboração em rede entre os participantes; possibilitaram a problematização do conhecimento a partir de diferentes pontos de vista.

Como implicação contemporânea, o trabalho colaborativo em rede no ensino-aprendizagem de Física, viabilizado tecnologicamente pela ferramenta de atividade wiki do Moodle, contrapôs-se àquele de natureza bancária, individual e competitiva, hegemônica na escolaridade brasileira, em prol da educação como prática da liberdade na perspectiva do *ser mais* (Freire, 1987).

Na medida em que o ENEM se consolida como referência para as mudanças na educação básica brasileira, no final deste trabalho sinalizamos que mudanças na prática educativa foram evidenciadas no escopo investigativo. Isso de fato ocorreu quando problematizamos o par conteúdo-metodologia nas seguintes dimensões: 1) são os conteúdos culturais fragmentados do ensino tradicional que devem perdurar na escolarização pública brasileira e em exames como o ENEM, ou estes precisam fazer o 'torque' necessário para a transformação dos conhecimentos escolares? 2) é necessário e suficiente que tenhamos nas escolas e nos exames, majoritariamente conteúdos de Mecânica (Cinemática em particular) (Gonçalves Junior e Barroso, 2014) em detrimento das Leis de Conservação permeando a Termodinâmica, a Óptica, o Eletromagnetismo e a Física Moderna e Contemporânea, que pautam hoje nossa maneira de ver/estar no mundo high-tech ou esta deve continuar sendo privilégio de e para poucos? 3) devemos manter abstração da "teoria" da partícula, do ponto material e da carga elétrica puntual a qualquer custo (Menezes, 1980)? 4) podemos concordar com objetivos e fins do Ensino da Física nas escolas que asseguram as práticas tradicionais por décadas enfatizadas?

A maior implicação deste trabalho, diretamente derivada das conclusões evidenciadas nos resultados de pesquisa produzidos, é o imperativo da reconfiguração da prática educativa, sintonizando-a com os atuais modos de produção de conhecimento em redes e com as mudanças no mundo do trabalho. Isso requer, cada vez mais, estratégias colaborativas e cooperativas no âmbito da resolução de problemas na sociedade do conhecimento e da informação. Afinal, o caminho da escolaridade brasileira viável-possível não passa necessariamente pelo alinhar de práticas interdisciplinares e contextualizadas?

Agradecimentos

O presente trabalho foi financiado pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB.

Referências bibliográficas

Abegg, I., De Bastos, F. da P., e Müller, F. M. (2010). Ensino-aprendizagem colaborativo mediado pelo Wiki do Moodle. *Educar em Revista*, 38, 205-218. Recuperado de <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/educar/article/view/13129>.

Abegg, I., De Bastos, F. da P., Vidmar, M. P., e Richter, S. S. (2012). Ensino de Física: Investigando os Benefícios da Mediação Tecnológica Educacional. *Revista Dynamis*, 18, 1, 21-34.

Alberti, T. F., e De Bastos, F. da P. (2008). A Teoria da Atividade como orientação psicopedagógica na implementação de atividades de estudo em Ambientes Virtuais. *Ciências & Cognição*, 13, 2, 243-257. Recuperado de <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/233/132>.

Angotti, J. A. P. (1993). Conceitos unificadores e ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 15, 1-4, 191 – 198.

Correia, J. J., Da Silva, F. M., Silva, R. S., e Meira, J. P. A. (2004). Formação de professores na região Sudoeste da Bahia: desafios e perspectivas. Em *IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Jaboticatubas.

De Bastos, F. P. (1995). *Pesquisa-ação emancipatória e prática educacional dialógica em ciências naturais*. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo, USP, São Paulo.

Delizoicov, D., Angotti, J. A. P., e Pernambuco, M. M. (2011). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. 4ª Ed. São Paulo: Cortez.

Freire, P. (1987). *Pedagogia do Oprimido*. São Paulo: Paz e Terra, 17ª Ed.

Gil-Pérez, D., Martínez-Torregrosa, J., Ramírez, L.; Carrée, A. D., Gofard, M., e Carvalho, A. M. P. (1992). Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9, 1, 7-19. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7501>.

Gil-Pérez, D., Más, C. F., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J.,

Guisasola, J., Pessoa de Carvalho, A. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 2, 311-320.

Gonçalves Junior, W. P., e Barroso, M. F. (2014). As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36, 1, 1402 1-16.

Guariglia, C. E., Viggiano, E., e Mattos, C. (2009). Categorias de questões sobre energia no Enem. *Em VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis.

Hernandes, J. S., e Martins, M. I. (2013). Categorização das questões de Física do Novo ENEM. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis, 30, 1, 58-83.

José, W. D., Braga, G. R., Nascimento, A. Q. B., e De Bastos, F. da P. (2014). Enem, temas estruturadores e conceitos unificadores no ensino de física. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 16, 3, 171-188. Recuperado de <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/1991/1490>

Kielt, E. D., Souza, C. A., e Mion, R. (2006). A investigação de resolução de problemas baseada em uma heurística. *Em X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Londrina.

Maceno, N. G., Ritter-Pereira, J., Maldaner, O. A., e Guimarães, O. M. (2011). A matriz de referência do Enem 2009 e o desafio de recriar o currículo de química na educação básica. *Química nova na escola*, 33, 3, 153-159.

Menezes, L. C. (1980). Novo(?) método(?) para ensinar(?) Física(?). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2, 2, 89 – 97.

Ministério da Educação Brasil (2002). *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec.

Miranda, M. E., Alvez, A. R., Mentem, M. M. L., Freitas, D., Zuin, G. V., e Pierson, A. (2011). *Em VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, I Congresso Internacional de Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, Campinas.

Peixoto, K. C. Q. C., Martins, R. L. C., e Linhares, M. P. (2009). Um olhar investigativo sobre as questões do ENEM que abordam a Física. *Em XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Vitória.

Peixoto, K. C. Q. C., e Linhares, M. P. (2010). Novo ENEM: o que mudou? Uma investigação dos conceitos de física abordados no exame. *Em XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Águas de Lindóia.

Peixoto, K. C. Q. C., e Linhares, M. P. (2011). A Física do ENEM/2010. *Em VIII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, Campinas.

Pinheiro, N. C., e Ostermann, F. (2010). Uma análise comparativa das questões de física no novo Enem e em provas de vestibular no que se refere aos conceitos de interdisciplinaridade e de contextualização. Em *XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Águas de Lindóia.

Souza, C. A. (2004) Investigação-Ação Escolar e Resolução de Problemas de Física: o potencial dos meios tecnológico-comunicativos. *Tese de Doutorado*. UFSC. Programa de pós-graduação em educação. Florianópolis.

Souza, C. A., e De Bastos, F. da P. (2006). Um ambiente Multimídia e a Resolução de Problemas de Física, *Ciência & Educação*, 12, 3, 315-332.

Souza, C. A., Bastos, F. P., e Angotti, J. A. (2008) Resolução de problemas de física mediada por tecnologias. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25, 2, 310-339.

Vidmar, M. P. (2013). Atividades de estudo de física hipermediáticas: flexibilidade cognitiva, interatividade, interação e visualização, *Dissertação de Mestrado*. UFSM. Programa de pós-graduação em educação. Santa Maria.

Anexo 1.- Resolução da questão 01 da prova amarela de CNT do ENEM/2009 segundo o algoritmo TEIA

<p>ENEM 2009 PROVA AMARELA – QUESTÃO 01</p> <p>A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO₂), vapor de água (H₂O), metano (CH₄), ozônio (O₃) e o óxido nitroso (N₂O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO₂, tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO₂ na atmosfera: o desmatamento.</p> <p>BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S. Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. A.G. Moreira & S. Schwartzman. <i>As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros</i>. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000 (adaptado).</p> <p>Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é</p> <p>A) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.</p> <p>B) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH₄.</p> <p>C) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO₂ da atmosfera.</p> <p>D) aumentar a concentração atmosférica de H₂O, molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.</p> <p>E) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, e diminuindo a capacidade delas de reter calor.</p>	
<p>Desafio inicial</p>	
<p>Interesse:</p> <ul style="list-style-type: none"> * questão parcialmente disciplinar, parcialmente pertinente à Física, difícil de ser reconhecida, pelo menos inicialmente, como relacionada à Física. * contextualizada historicamente, com foco num problema de natureza ambiental, decorrente do desenvolvimento industrial-tecnológico da sociedade. * tematizada pela abordagem energética do século XIX * tema estruturador 2: Calor, Ambiente e Formas e Usos de Energia, Unidade 2.3: O Calor na Vida e no Ambiente, subunidade 2.3.2: reconhecer os diferentes processos envolvendo calor e suas dinâmicas nos fenômenos climáticos para avaliar a intervenção humana sobre o clima. <p>Transformação do enunciado:</p> <p>Considerando que a produção e uso da energia, gera variações climáticas e ambientais como o efeito estufa, em especial, alterações na camada de ozônio e inversão térmica, como esboçar uma atividade humana minimizando essas variações no meio ambiente?</p>	
<p>Hipótese(s)</p>	<p>a) A disponibilidade de energia no período da revolução estava atrelada ao domínio dos processos de produção de energia térmica.</p> <p>b) A produção de energia térmica pela madeira faz aumentar o desmatamento.</p> <p>c) O desequilíbrio energético da biosfera pode acontecer a partir do efeito estufa antrópico (produzido pelo ser humano).</p> <p>d) Juntamente com a água, os gases triatômicos são mais eficientes para absorver a radiação infravermelha emitida pela Terra que os outros componentes do ar.</p>

Melhor solução escolar no momento	
O que temos?	Composição do ar atmosférico. A absorção de energia térmica por gases traços, que faz elevar a temperatura do planeta. Aumento da concentração de CO ₂ na atmosfera devido ao desmatamento.
O que queremos?	Uma alternativa viável para minimizar o efeito estufa.
Esboce um esquema da situação	Analisar o contexto de produção de energia no contexto industrial contemporâneo e sua dependência com a emissão de CO ₂ na atmosfera. Avaliar a viabilidade das alternativas propostas.
Organize a solução do problema	O contexto da sociedade industrial pode ser obtido dentro de uma abordagem energética da evolução humana no artigo Energia e Sociedade, início da página 34. DE OLIVEIRA, A. Energia e Sociedade. <i>Ciência Hoje</i> , v. 5, n. 29, 1985, p. 31-38. Os processos de trocas de calor associados à emissão e absorção da radiação pela matéria respondem pelo efeito estufa. A produção de calor e emissão de gases, mesmo não desejável, é sistematizada pelas Leis da Termodinâmica.

Desenvolva a resolução	<p>A Revolução Industrial teve origem na demanda por energia nos núcleos urbanos para movimentar máquinas que funcionavam a partir da energia térmica obtida, primeiramente, pela queima da madeira, depois carvão mineral e, atualmente, majoritariamente, pela queima de petróleo, com destaque para o diesel, gasolina e gás. Aumentar o rendimento e diminuir o tamanho das máquinas não é somente um problema de Engenharia, mas sim da Física, em especial do Eletromagnetismo (motores híbridos e totalmente eletroeletrônicos, como os metrô, trens de superfícies e alguns automóveis pequenos e smarts já são realidades em alguns países desenvolvidos).</p> <p>A emissão de CO₂ provocada pelo ser humano tem origem na reação de combustão, geradora de gases poluentes, necessitando ser reduzida drasticamente na atmosfera, visto que a sua transformação e absorção pela fotossíntese das plantas tem sido minimizada pelo desmatamento intensivo. Enquanto fenômeno natural, o efeito estufa é necessário para a manutenção da vida na Terra, mas o aumento da concentração de gás carbônico, produzido pela queima de combustíveis fósseis, é um dos principais vilões do aquecimento global.</p> <p>O fenômeno ocorre a partir da absorção da luz solar visível e de ondas curtas pela Terra que emite radiação térmica no infravermelho (ondas longas). A temperatura média da superfície da Terra pode ser obtida utilizando a Lei de Stefan. Da radiação solar que incide na Terra (constante solar, $S = 1.400\text{W/m}^2$) cerca de 70% é absorvido. A emissão de radiação terrestre seria $R = \sigma T^4$. Fazendo $\sigma T^4 = 0,7S/4$ obtêm-se $T = 255\text{k}$ ou -18°C. Os gases do efeito estufa e a molécula de água apresentam diferentes níveis quânticos de frequência ressonante no infravermelho, absorvendo essa radiação e reemitindo novamente na atmosfera, concentrando a energia, elevando a temperatura da Terra em 33°C. Aumentando-se a concentração destes gases e de vapor d'água, o efeito estufa aumenta, desequilibrando o clima terrestre (aquecimento global).</p> <p>Fonte: HEWITT, P. <i>Física Conceitual</i>. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002, 9a. ed., p. 290. Ver também: http://www.proclira.uevora.pt/modulos/modulo3.pdf</p>
------------------------	--

	<p>Alternativas:</p> <p>A)errada. a industrialização refrigerada aumentaria a quantidade de calor emitida para a atmosfera.</p> <p>B)errada. a queima da biomassa vegetal aumenta a produção do efeito estufa.</p> <p>C)correta. Reduzir o desmatamento, aumentaria o potencial da vegetação em absorver o CO₂ da atmosfera.</p> <p>D)errada. aumentar vapor de H₂O, aumentaria a absorção da radiação térmica emitida pela Terra com reemissão na atmosfera.</p> <p>E)errada. Moléculas orgânicas polares na atmosfera são necessárias à existência da vida terrestre.</p>
<p>Descreva lei(s), teoria(s), princípio(s) fundamental(is) na resolução:</p>	<p>Lei de Stefan-Bolztman ($R \propto T^4$)</p> <p>Trocas de Calor e transformações de energia (radiante em térmica).</p> <p>Transições em modos quânticos de vibração conforme a equação de Planck ($E=hv$)</p> <p>Efeito estufa antrópico e aquecimento global.</p> <p>Leis da Termodinâmica.</p>
<p>O que significa o resultado?</p>	<p>O aquecimento global produzido pela atividade humana precisa ser reduzido por diferentes ações, por exemplo, http://meioambiente.culturamix.com/recursos-naturais/como-reduzir-as-emissoes-de-co2</p> <p>Entretanto, o debate entre o efeito estufa ser uma atividade catastrófica de origem humana ou não (pois o efeito natural é muito superior ao antrópico) cerca a discussão em torno dos tratados de redução da emissão dos gases estufa nos processos industriais, algo que China e EUA não praticam ainda.</p> <p>Por outro lado, tendo em vista a não redução da produção de natureza industrial-petrolífera, uma solução viável-possível é a manutenção e recuperação das florestas de grande escala, em especial nos biomas amazônia, cerrado, pantanal e mata atlântica.</p>
<p>Desafio mais amplo</p>	
<p>Se os resultados científicos-tecnológicos sinalizam para a necessidade de equilíbrio natural de energia na Biosfera, que processos de geração de energia poderiam gerar menores impactos ao meio ambiente? Como o desenvolvimento científico-tecnológico pode transformar o modo de produção capitalista atual?</p>	

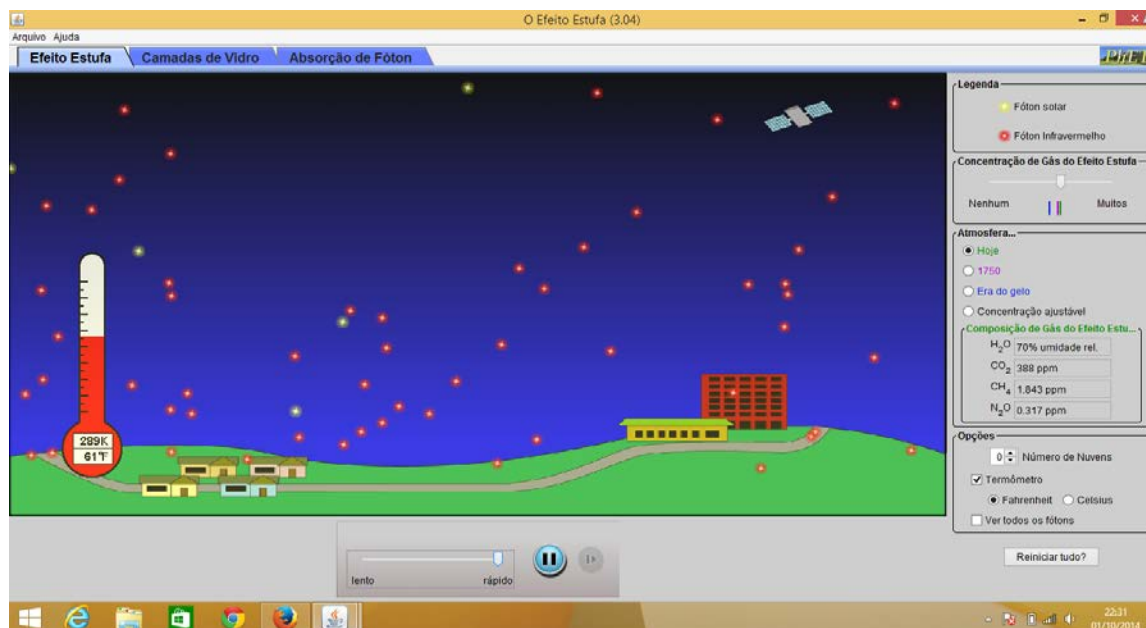
Anexo 2.- Elaboração de uma atividade de estudo hipermediática a partir da questão 01 da prova amarela de CNT do ENEM/2009.

=> 1º etapa: escolha dos conhecimentos físicos a serem trabalhados na atividade de estudo.

- TEEF: Calor, Ambiente e Formas e Usos de Energia.
- Unidade(s) e Subunidade(s) Temática(s): Unidade 2.3: O Calor na Vida e no Ambiente, subunidade 2.3.2: reconhecer os diferentes processos envolvendo calor e suas dinâmicas nos fenômenos climáticos para avaliar a intervenção humana sobre o clima.

=> 2º etapa: escolha do recurso educacional hipermediático.

- Hipermidia: O Efeito Estufa



Disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/greenhouse (Copyright 2016 por University of Colorado Boulder).

=> 3º etapa: definição das ações da atividade de estudo.

- Situação-problema: ENEM/2009 PROVA AMARELA – QUESTÃO 01

A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3) e o óxido nitroso (N_2O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO_2 , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO_2 na atmosfera: o desmatamento.

BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S. Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. A.G. Moreira & S. Schwartzman. *As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros*. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000 (adaptado).

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é

- A) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
- B) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito

estufa devido à produção de CH_4 .

C) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO_2 da atmosfera.

D) aumentar a concentração atmosférica de H_2O , molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.

E) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, e diminuindo a capacidade delas de reter calor.

Transformação do enunciado:

Considerando que a produção e uso da energia geram variações climáticas e ambientais como o efeito estufa, em especial alterações na camada de ozônio e inversão térmica, como esboçar uma atividade humana minimizando essas variações no meio ambiente?

- Competências e habilidades:

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicas.

H12 – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

=> 4º etapa: definição das operações da atividade de estudo.

- Passo 1: Verifique o funcionamento do simulador clicando no ícone "Reiniciar tudo?" e na opção "Celsius". Marque também a opção "Ver todos os fótons".

- Passo 2: Descreva o que acontece com a leitura no termômetro após algum tempo. No quadro "Atmosfera..." marque a opção 1750 e responda se observa variações em relação à opção "Hoje".

- Passo 3: Marque agora a opção "Era do gelo" e explicito o que ocorre na indicação de temperatura. Justifique.

- Passo 4: Aumente a concentração de gases do efeito estufa ao máximo e relate as alterações percebidas, na temperatura registrada, na "aparência da atmosfera" e no fluxo de fótons.

- Passo 5: Reduza a concentração de gases do efeito estufa a zero.

a) Qual a temperatura registrada no termômetro?

b) Qual a variação de temperatura registrada no passo 5 em relação ao ano 1750. A que se deve, cientificamente, tal variação?

- Passo 6: No canto superior esquerdo clique em "Camada de Vidro" e marque a opção "ver todos os fótons". O que dizer a respeito dos fótons solar e infravermelho?

- Passo 7: Clique no ícone "Reiniciar tudo?" e logo após selecione uma placa de vidro em "opções". Explique o que acontece com a indicação do termômetro e com o fluxo dos fótons solar e infravermelho. Qual a semelhança com a atmosfera?

- Passo 8: Na aba central da interface gráfica, clique em "Absorção de Fóton". No quadro à direita, marque a opção "Build Atmosfere" e coloque um certo número de moléculas para cada gás, conforme a composição atmosférica (aproximado e sem correspondência percentual entre as moléculas). Após, clique na opção "Fóton Visível" e deslize a barra central da lanterna para a direita. O que acontece?

- Passo 9: Marque a opção "Fóton infravermelho" na lanterna e explique as alterações percebidas em relação aos fótons visíveis.

- Passo 10: Considerando o que você observou nestes oito passos, resolva a situação-problema.