

INTERDISCIPLINARIDADE E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA PRÁTICA SOBRE A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Interdisciplinarity and the three learning moments on the Physics teaching: a practice about the Brazilian energetic matrix

Matheus Lincoln Borges dos Santos [borgesm3@tcnj.edu]

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Avenida Sete de Setembro, 3165 – Centro, Curitiba PR CEP: 80230-901

Stefany Cris Pereira [stefanycrisp@gmail.com]

Adriano Vaz de Andrade [adrianovazandrade@gmail.com]

Thais Rafaela Hilger [thais.hilger@gmail.com]

Universidade Federal do Paraná - Rua Evaristo F. F. da Costa, 418 - Jardim das Américas, Curitiba - PR, 80050-540

Álvaro Emilio Leite [alvaroemilioleite@gmail.com]

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Avenida Sete de Setembro, 3165 – Centro, Curitiba PR CEP: 80230-901

Recebido em: 10/05/2018

Aceito em: 03/12/2018

RESUMO

Neste trabalho relatamos a construção de uma seqüência didática para explorar os conteúdos relativos ao princípio da conservação de energia e do eletromagnetismo a nível de ensino médio de uma maneira contextualizada e interdisciplinar. Para embasar a proposta, buscamos as referências teóricas de Fazenda e Japiassu, que suportam a prática pedagógica interdisciplinar, e os relacionamos com a metodologia de ensino dos três momentos pedagógicos proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco. A prática pedagógica construída foi aplicada em turmas do ensino médio do período noturno de um colégio da rede pública estadual do Paraná na cidade de Curitiba. A produção dos alunos foi analisada para que fossem verificados o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento crítico, a interligação do conhecimento de Física com as demais áreas do conhecimento para a resolução de problemas complexos e contextualizados e a aplicabilidade do uso dos três momentos pedagógicos em contextos interdisciplinares. A aderência da interdisciplinaridade e dos três momentos pedagógicos se mostrou bastante eficiente, vislumbrando possibilidades para que os alunos desenvolvessem as habilidades e conhecimentos necessários para entender a complexidade dos problemas atuais e a partir daí demonstrar maior engajamento nas atividades propostas.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Ensino de Física. Três Momentos Pedagógicos. Conservação de energia. Eletromagnetismo no ensino médio.

ABSTRACT

In this work we report the construction of a didactic sequence to explore the contents related to the principle of energy conservation and electromagnetism of the discipline of Physics in high school in a contextualized and interdisciplinary way. In this context, we seek the theoretical references of Fazenda and Japiassu that support the interdisciplinary pedagogical practice and relate it to the teaching methodology of the three learning moments proposed by Delizoicov, Angotti and Pernambuco. The constructed pedagogical practice was applied in classes of high school in a public school. The students' production was then analyzed to verify the development of skills related to critical thinking, the interconnection of knowledge of physics with other areas of knowledge to solve complex and contextualized problems and the applicability of the use of the three learning moments in Interdisciplinary contexts. The adherence of interdisciplinarity and the three learning moments proved to be very efficient, causing the students to develop the skills and knowledge necessary to understand the complexity of current problems and demonstrate a greater engagement in the proposed activities.

Keywords: Interdisciplinarity. Physics Teaching. Three Learning Moments. Conservation of energy. Electromagnetism on high school.

Introdução

Deixando as paixões pessoais que temos por nossas disciplinas de lado, é nosso dever enquanto educadores e pesquisadores da área de ensino nos perguntarmos em que o ensino da nossa disciplina contribuirá na vida pessoal, profissional e acadêmica dos alunos. Nesse sentido, o ensino de Física deve ser pensado não somente como o responsável por fornecer fórmulas para os exames de seleção, mas também como o responsável por desenvolver conhecimentos que auxiliem os alunos na resolução de problemas, espírito investigativo, pensamento crítico (LORENZETTI et al, 2016). Essa reflexão nos leva a pensar no papel da Física enquanto ciência natural, que dentre outros atributos, possibilita o entendimento da realidade que nos cerca. Esse entendimento por sua vez contribui para a formação de cidadãos capazes de propor soluções para os problemas complexos de nosso dia a dia e para a compreensão de avanços tecnológicos e científicos da humanidade. Ao falarmos de contextualização, não podemos ignorar a questão da interdisciplinaridade, pois o mundo científico-tecnológico-social que nos cerca é dotado de problemas que não são resolvidos pela fragmentação dos conteúdos, mas sim por suas interconexões. Além destas questões que surgiram da prática do professor-pesquisador, as abordagens contextualizada e interdisciplinar estão seguradas nos documentos que norteiam o ensino de Física no Brasil, como por exemplo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL,2002).

Pautados nessa reflexão, apresentamos neste trabalho a construção de uma sequência didática que possibilite uma abordagem interdisciplinar e contextualizada da Física. Para tal, exploraremos alguns conceitos do eletromagnetismo e o princípio da conservação de energia para o entendimento da matriz energética brasileira e as diferentes formas de geração de energia elétrica. Além de possibilidades para a prática docente, o trabalho contempla a análise dos resultados obtidos com o objetivo de construir uma ponte entre o que se estuda e pesquisa nas instituições formadoras de professores e a educação básica, onde o professor além de ensinar, efetua uma reflexão profunda de sua atuação para produzir novos conhecimentos sobre o ensino de ciências.

Os três momentos pedagógicos como alternativa para articular os conhecimentos disciplinares

Nos trabalhos de Paulo Freire fica clara a importância de uma formação crítica do aluno. No texto “Papel da educação na humanização” (FREIRE, 1997) o autor mostra que a educação tem uma função social e que quando pensamos em maneiras de educar temos de pensar em quem é o homem¹ da sociedade que queremos educar. Não existe uma teoria pedagógica neutra, ou seja, que não se preocupe com o conceito de homem. Se para uns, o homem é um ser de adaptação no mundo, suas ações, métodos e objetivos educacionais irão se adequar a esta concepção. O mesmo ocorre para os casos em que o homem é tido como um ser de transformação no mundo ou ainda como uma “coisa”, cuja ação educativa resulta em uma domesticação do homem. Em contrapartida quando o encaramos como pessoa, isso resultará em uma ação educativa cada vez mais libertadora. Para Freire (1997), o homem não pode se reduzir a um mero espectador da realidade, nem tampouco a uma mera incidência da ação condutora de outros homens que o transformarão em “coisa”. Sua vocação ontológica, que ele deve tornar existência, é a do sujeito que opera e transforma o mundo.

¹ refere-se aqui ao homem no sentido de ser humano.

Em consonância com esses pressupostos, podemos encontrar nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) da disciplina de Física orientações claras a respeito da importância da contextualização durante o ato de ensinar. De acordo com este documento, ensinar

Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas, sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios (BRASIL, 1999 p. 23).

Dentre as diversas correntes epistemológicas para uma prática interdisciplinar, ressalta-se a definição de Japiassu (1976) que afirma que a prática pode ser caracterizada pela presença axiomática comum a um grupo de disciplinas conexas. Essa cooperação e diálogo entre disciplinas pode ser encontrado também nos PCN que defende que “(...) assim como disciplinas da área científica e matemática, ou da humanista, devem também desenvolver o domínio de linguagens” (BRASIL, 2002, p. 16).

Segundo Santomé (1998), a denominação de “currículo integrado” vem sendo amplamente utilizada para incluir uma compreensão global de conhecimentos, promovendo assim uma interdisciplinaridade. Interdisciplinaridade aqui está sendo considerada segundo acepção de Fazenda (2002), que a entende como uma prática pedagógica para a contextualização do conhecimento, e Frigotto (1995), que afirma que a interdisciplinaridade surge como uma situação problema em torno da qual se irá trabalhar com conceitos oriundos de diferentes áreas do conhecimento.

Tais referenciais nos apresentam elementos suficientes para compreendermos a interdisciplinaridade de uma maneira mais ampla. Diferente do senso comum, que a relaciona com trabalhos envolvendo professores de várias disciplinas, Fazenda (2002) explica que a interdisciplinaridade pode ser encarada como uma possibilidade de prática pedagógica desenvolvida por uma única disciplina. Nos estudos da autora, percebe-se que a interdisciplinaridade visa favorecer também os saberes do aluno e sua integração, fortalecendo assim a busca da contextualização do ensino e o seu caráter múltiplo (FAZENDA, 2002).

Sobre esse assunto Caldeira e Augusto (2007) afirmam que uma das maiores dificuldades encontradas pelos professores que desejam aplicar uma prática conjunta é a de falta de motivação dos colegas, além de dificuldades em encontrar um tempo comum para o planejamento. Por isso, a autora defende o protagonismo do professor, que ao invés de transferir as responsabilidades da ausência de uma prática diferenciada para os problemas seculares da escola, busca dentro de suas possibilidades de atuação a inovação no ensino (CALDEIRA & AUGUSTO, 2007).

O ponto de vista dessas autoras não é ingênuo e simplista. Obviamente, para ocorrer a interdisciplinaridade através do protagonismo dos professores, as autoras reconhecem a necessidade de uma formação polivalente, o que do ponto de vista de uma pedagogia tradicional é uma dificuldade a ser superada, visto que muitas vezes os professores mal conseguem deter o conhecimento da sua disciplina de referência. No entanto, esse problema inexistente em uma pedagogia relacional (BECKER, 1995), quando o professor se entende como um sujeito que ao mesmo tempo em que ensina também aprende (FREIRE, 1997). Nessa concepção, tanto professores quanto alunos, numa busca contínua pelo conhecimento, são protagonistas no processo de ensino-aprendizagem.

Uma possibilidade para colocar o foco do processo ensino-aprendizagem na relação professor-aluno e realizar um trabalho em sala baseado em uma pedagogia relacional é utilizar a abordagem conhecida como os três momentos pedagógicos (3MP), discutida e idealizada por

Delizoicov et al (2011). Os três momentos pedagógicos constituem uma abordagem de ensino-aprendizagem na qual a problematização assume um papel fundamental.

O primeiro momento pedagógico, chamado de problematização inicial, é a etapa que o professor expõe aos alunos uma situação problema com o intuito de verificar seus conhecimentos prévios e os incentiva ao diálogo. Nesse momento, é importante que o aluno sinta necessidade de um novo conhecimento para explicar os fenômenos apresentados pelo professor e, portanto, tenha a motivação necessária para na etapa seguinte aprender o conhecimento científico. De acordo com Delizoicov et al (2011),

“[...] Organiza-se esse momento de tal modo que os alunos sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações. Inicialmente, a descrição feita por eles prevalece, para o professor poder ir conhecendo o que pensam. [...] é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado.” (p. 200 e 201).

Nessa etapa, os primeiros elementos interdisciplinares podem ser inseridos em uma sequência didática, uma vez que se entende que um problema geralmente é uma situação complexa e exige a abordagem de diferentes áreas do conhecimento para a sua resolução.

A organização do conhecimento, ou segundo momento pedagógico requer auxílio do professor para a apresentação de um conhecimento novo e sistematizado, não se limitando apenas ao conhecimento empírico e de senso comum. É no segundo momento que

“Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento, sob a orientação do professor. As mais variadas atividades são, então, empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas.” (DELIZOICOV et al, 2011, p. 201).

No segundo momento, espera-se que os alunos construam o conhecimento necessário para a solução do problema apresentado, tendo o professor como um tutor ou guia. Em sala de aula eles se voltam com o olhar da Física para o problema, enquanto que nas atividades de pesquisa e reflexão externas, eles buscam elementos de diferentes áreas do conhecimento para complementarem a visão interdisciplinar dos trabalhos. A junção final destes conteúdos se dá através do terceiro momento pedagógico, no qual deve-se

“abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações, que embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.” (DELIZOICOV, et al, 2011, p. 202).

O terceiro momento, a aplicação do conhecimento, é a oportunidade de retornar ao ponto de partida e reanalisar as questões problematizadas incorporando de forma significativa na vida dos estudantes o conhecimento científico. Na aplicação do conhecimento espera-se que o estudante consiga interpretar e analisar a problematização inicial, entre outros problemas de mesma natureza ou mesmo corpo de conhecimento, por meio de questionamentos e assim encontrar o significado científico para o problema de forma geral.

A finalização de uma sequência didática com a aplicação do conhecimento se torna elemento chave para a conclusão da prática interdisciplinar. Nela, espera-se que os alunos demonstrem que conseguiram compreender os conteúdos propostos e o relacionaram com elementos de outras áreas do conhecimento para a obtenção das soluções dos problemas e atividades inicialmente apresentados.

Desenvolvimento e aplicação da proposta

Os conteúdos básicos constituintes da intervenção planejada foram pensados de forma a contemplar aspectos relacionados a lei da conservação da energia e o conceito de campo eletromagnético. Os conteúdos específicos trabalhados buscaram problematizar o funcionamento da matriz energética brasileira e suas relações com o custo da energia elétrica observado na fatura de energia. Para uma melhor compreensão por parte dos alunos foram utilizados, além das aulas expositivas, experimentos que mostraram as relações entre os conceitos de campo elétrico, campo magnético e corrente elétrica. Em seguida, com a apresentação de um vídeo, se demonstrou um experimento que evidência a entre o fluxo magnético e a corrente elétrica. Por fim, explorou-se o funcionamento das usinas elétricas através da apresentação de maquetes e de um debate a respeito dos impactos ambientais causados pelas diferentes formas de geração de energia elétrica. A aplicação da metodologia será detalhada melhor adiante.

A proposta foi aplicada em três turmas, sendo uma de primeira e duas de terceira série do ensino médio noturno de uma escola pública estadual do Paraná localizada na região metropolitana de Curitiba. A intervenção iniciou no segundo trimestre do ano de 2016, no qual o professor regente da disciplina de Física cedeu aos estagiários, ao longo de 8 semanas, uma das duas aulas para a aplicação da proposta didática.

O encaminhamento metodológico da sequência didática foi fundamentado na aplicação dos três momentos pedagógicos. No primeiro momento, foi feita a problematização inicial através da análise da fatura de energia elétrica dos alunos. Primeiramente, estabeleceu-se um diálogo a respeito dos itens da fatura e suas relações com os conteúdos já aprendidos, como, potência elétrica, consumo de energia por hora e tensão fornecida pela companhia de energia elétrica. Em seguida, destacou-se o fato da sobretaxa oriunda das bandeiras vermelhas e amarelas na fatura para averiguar se os alunos tinham o conhecimento do porque essa taxa extra fazia parte do valor da conta. Após diálogo inicial, foi exibido um vídeo do Jornal Nacional (Disponível em <https://youtu.be/VRoW3rpL6H8>. Acessado em setembro de 2017.) em que foi noticiado a mudança na tarifação e o respectivo motivo: o acionamento das usinas termoeletricas em decorrência da crise hídrica. A problematização seguiu direcionando os alunos para a temática da matriz energética brasileira e seus impactos no dia a dia.

Próximo ao final da aula, os alunos foram divididos em sete grupos. Cada grupo seria responsável por pesquisar um determinado tipo de usina elétrica, apontar suas características e construir uma maquete que exemplificasse o funcionamento da usina estudada. Não foi definido um dia para as apresentações, de forma que os alunos poderiam apresentar em qualquer momento antes do prazo final.

Na segunda aula foi iniciada a organização do conhecimento (segundo momento pedagógico) por meio de aula expositiva que abordou os conceitos de energia mecânica, transformação e conservação da energia que ocorrem nas usinas elétricas. Após resgate do que foi estudado na última aula sobre conservação da energia, buscou-se aprofundar a investigação a respeito do que os alunos já sabiam sobre o processo de transformação que resulta na conversão de energia cinética em elétrica.

Na etapa seguinte, foi realizado um experimento com limalha de ferro e ímãs² para ilustrar o conceito de campo magnético, oportunidade que foi destacado que nas turbinas das usinas hidrelétricas há eletroímãs acoplados que se movem junto com as turbinas quando elas são movimentadas pela passagem da água. Com a finalidade de aumentar o espectro de informações e conhecimento dos alunos, foi apresentado um vídeo explicativo sobre o experimento de

2 XAVIER, Claudio; BARRETO, Benigno. **Física 360°**. Editora FTD. São Paulo: 2015

3 Vídeo demonstrando o Experimento de Oersted, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=1k4gGqGhVdo>

Oersted³, destacando que uma corrente elétrica (cargas elétricas em movimento) gera um campo magnético. Os alunos foram questionados se conseguiriam relacionar o que estavam observando com a geração de eletricidade. Por fim, já na parte final da aula, foi proposta uma questão para reflexão aos alunos: “se a corrente elétrica pode gerar um campo magnético, é possível o campo magnético gerar corrente elétrica?”. Essa pergunta seria respondida na aula cinco.

Este primeiro conjunto de aulas, conforme planejamento, teve por objetivo conscientizar o aluno a respeito da bandeira vermelha e a relação entre o funcionamento das termoelétricas e o aumento no preço da energia. Além disso, foi possível explorar a ideia de transformação de uma modalidade de energia para outra, por exemplo, a energia potencial gravitacional em energia cinética. Isso serviu para que os alunos percebessem a necessidade de uma fonte de energia, seja ela mecânica, eólica, térmica etc., para ser transformada em energia elétrica.

A aula quatro foi utilizada para a realização da recuperação trimestral. No início da aula cinco foram retomados os conteúdos estudados na aula três sobre o campo magnético gerado pelo ímã e pela corrente elétrica. Em seguida, foi apresentado um vídeo⁴ sobre um experimento didático/demonstrativo que permite explorar conceitualmente a Lei de Faraday. Os alunos foram questionados sobre vários aspectos apresentados no vídeo, como por exemplo: por que o ponteiro do amperímetro se movia? Há necessidade de haver movimento entre o ímã e a bobina para que o ponteiro do amperímetro se mova? Caso o ímã permaneça parado e a bobina em movimento, seria observado o mesmo efeito? Após as reflexões dos alunos, explicaram-se os conceitos envolvidos no experimento de maneira dialogada, dando ênfase na lei de Faraday e como ela estava relacionada com o processo de geração de energia elétrica nas usinas hidrelétricas.

A aula seis teve o objetivo de proporcionar condições para que os alunos conseguissem aprofundar seus conhecimentos sobre as relações entre a variação do fluxo magnético e a corrente elétrica. Através da exemplificação, demonstrou-se que as turbinas das usinas colocam grandes ímãs em movimento e que a consequente variação do fluxo magnético é a responsável pela geração da energia elétrica.

Na aula sete iniciou-se o terceiro momento pedagógico, que se estenderia até a aula nove. Nesta etapa foi possível explorar com mais detalhes a aplicação dos processos de transformação de energia e a variação dos campos elétricos e magnéticos. Após explicações, solicitou-se que os alunos elaborassem individualmente uma redação com um texto argumentativo contendo entre 10 e 30 linhas sobre a “Matriz energética brasileira e o desafio de conciliar sustentabilidade com desenvolvimento econômico”. Para a construção da redação, os alunos receberam gráficos e textos sobre a matriz energética brasileira para que pudessem cruzá-los com as informações recebidas nas aulas anteriores. Também nesta aula, abriu-se espaço para que os grupos apresentassem as maquetes que foram solicitadas na primeira aula. A apresentação deveria conter uma explicação de como a usina funcionava, ou seja, como que a partir das transformações de energia obtém-se a energia elétrica.

No início da aula oito solicitou-se aos alunos que pesquisassem em grupo e trouxessem para a próxima aula os pontos positivos e negativos de um tipo específico de usina definido por sorteio. A proposta era estabelecer na aula seguinte um debate em que cada grupo deveria convencer um governo hipotético a investir na construção do tipo de usina que eles defendiam. Ainda na aula oito, os alunos continuaram as apresentações das maquetes.

Na aula nove ocorreu o debate sobre os diferentes tipos de usinas. Os representantes de cada usina teriam um tempo para expor os pontos positivos de seus modelos e os negativos dos demais. Em cada rodada do debate, as equipes possuíam direito a réplica e tréplica para defender seu

⁴ Vídeo demonstrando a Lei de Faraday disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=XxlyR2BcUU0>

modelo energético. As três equipes que tiveram melhor desempenho em suas argumentações fizeram uma nova rodada de debates e encerram com suas considerações finais. Essa atividade teve como objetivo a conscientização do aluno a respeito do funcionamento e dos impactos ambientais de cada forma de geração de energia.

Na tabela 1 apresenta-se uma síntese das atividades desenvolvidas durante a sequência didática.

Tabela 1: síntese das atividades realizadas

Numero da aula	Momento	Atividades
1	Primeiro	Apresentação de notícias e discussões sobre a conta de luz.
		Separação dos grupos para realização das atividades.
2	Segundo	Aula expositiva dialogada sobre transformação e conservação de energia mecânica.
3		Experimento da limalha de ferro e Oersted.
4		Recuperação trimestral.
5		Apresentação de um vídeo sobre a relação entre variação do fluxo magnético e a corrente elétrica.
6	Terceiro	Aprofundamento das relações entre variação de fluxo magnético e corrente elétrica
7		Redação sobre a matriz energética brasileira. Apresentação das maquetes.
8		Apresentação das maquetes.
9		Debate sobre os diferentes tipos de usinas.

A avaliação das redações foi baseada na análise das afirmações escritas e da coerência textual, bem como a utilização das informações dadas na situação problema. Nas apresentações das maquetes foi avaliada: o funcionamento da maquete; se as estruturas representadas se pareciam com as estruturas reais e; a exposição dos alunos com respeito ao funcionamento das usinas, deixando claro os conceitos físicos envolvidos.

Já na avaliação do debate foi em relação a argumentação utilizada pelos grupos, a ética em relação aos demais grupos e colegas.

Análise dos Resultados

No primeiro encontro da sequência didática, efetuou-se um diálogo inicial solicitando que os alunos identificassem se estavam pagando alguma bandeira tarifária em sua conta de energia elétrica. Em seguida, questionou-se o porquê do pagamento desta taxa adicional. A maioria dos alunos atribuiu a cobrança a uma punição devido ao alto consumo de energia elétrica em horário de pico, fato que na sequência foi esclarecido pela explicação de que a tarifa ocorre devido ao acionamento das usinas termoeletricas em períodos de crise hídrica. Nas aulas seguintes, os alunos sempre apresentaram um perfil questionador e de curiosidade a respeito da atividade. Nesse contexto, foi possível observar nas anotações dos estagiários o relato do diálogo entre dois alunos que trouxeram como questionamentos: “todas as usinas possuem turbinas, o que será que isso quer dizer? ”; “a usina eólica gera energia diferente da termoeletrica? ”; e ainda “por que tem mais certos tipos de usinas em determinadas regiões do país? ”.

No decorrer da organização do conhecimento (segundo momento pedagógico), onde os alunos tiveram contato com os conteúdos de Física, eles buscaram informações a respeito das

usinas que deveriam reproduzir em formato de maquete. Essas informações incluíam dados técnicos, econômicos, geográficos e ambientais a respeito do tipo de usina estudado.

Na primeira atividade produzida pelos alunos, a dissertação a respeito da matriz energética e os desafios do desenvolvimento sustentável, notou-se a presença massiva da menção da bandeira tarifária nos textos. Como por exemplo no fragmento da redação do aluno 1

... a falta de planejamento ao longo dos anos na área de energia em nosso país, fez com que nossa dependência de energia elétrica gerada por fontes hídricas fosse muito grande. Por isso, ao enfrentarmos uma seca, se faz necessário o acionamento de usinas termoelétricas que acabam por encarecer as tarifas de energia, através da bandeira tarifária... (aluno 1)

Outro elemento presente nas dissertações dos alunos foi a alta dependência do Brasil de recursos hídricos, conforme é possível perceber no fragmento da redação do aluno 2:

...as hidrelétricas são geradoras baratas de se construir e ainda possuem um baixo custo de manutenção, por causa disso o Brasil investiu por muitos anos nesse tipo de usina, fazendo com que mais da metade de toda a energia produzida no país vem dessa fonte geradora... (aluno 2)

Verificou-se também uma homogeneidade entre as alternativas citadas para a geração de energia. Ao traçarmos um paralelo com os grupos de trabalhos, notamos que cada aluno acabou citando como possível fonte alternativa de energia a usina referente ao seu trabalho. Isso pode ser explicado porquê os alunos podem ter se sentido mais seguros para escrever a respeito da usina que representavam, uma vez que haviam feito uma vasta pesquisa a respeito desta.

Na apresentação das maquetes referentes aos diferentes tipos de usinas geradoras de energia elétrica, causou surpresa a evidente capacidade criativa dos alunos, pois alguns modelos, realmente foram capazes de gerar energia que acendia pequenas lâmpadas nas maquetes. Com exceção das usinas nucleares e maremotrizes, as demais foram sempre representadas em ambientes rurais, denotando assim a concepção de que para os alunos uma usina não faz parte do cotidiano das cidades. Na figura 01 estão algumas maquetes produzidas pelos alunos.



Figura 01: Maquetes das usinas eólica (superior esquerdo), termoelétrica (superior direito), solar (inferior esquerdo) e nuclear (inferior direito).

Durante as apresentações, os alunos tiveram dificuldades com termos técnico-científicos como urânio, plutônio, fusão e fissão nuclear, aerogeradores, entre outros. Além do nervosismo demonstrado em falar em público, era nítido que esses erros aconteciam em decorrência da pouca familiaridade com a linguagem científica. Por outro lado, as equipes trouxeram elementos da

Física, explicando como a energia elétrica é produzida na usina; de geografia ao abordar os recursos naturais existentes e o clima que influenciam o funcionamento da usina;

...durante a apresentação da equipe da usina geotérmica, os alunos fizeram uma explicação muito boa com relação às camadas internas da Terra, os gêiseres e de como isso é aproveitado para a geração de energia. A equipe da nuclear também citou que é necessário que as usinas sejam construídas em áreas de fácil evacuação e longe de desastres naturais como os maremotos... (anotações do estagiário 1)

Outro exemplo mencionado pelos alunos que envolve conteúdos de geografia foi anotado pelo estagiário 2:

...a equipe da usina de Biomassa citou a importância da forte agricultura no estado do Paraná, pois podemos utilizar seus resíduos como combustível para este tipo de usina. O grupo das usinas eólicas destacou a importância de estados como o Ceará e Rio Grande do Sul, que possuem ventos propícios para este tipo de usinas...” (anotações do estagiário 2)

Alguns alunos também falaram de história, como por exemplo, ao relatar a crise do petróleo de 1970 e como isso impulsionou o desenvolvimento de novas fontes de energia;

...o grupo que apresentou as usinas de biomassa, comentou que durante a década de 70, os países produtores de petróleo, por questões políticas decorrentes da guerra do Yom Kippur, subiram os preços e limitaram a produção, o que culminou com a busca e o desenvolvimento de combustíveis alternativos... (anotações do estagiário 2)

Questões de ciências ambientais abordando o impacto gerado pelas usinas na construção e durante o seu funcionamento também foram mencionadas;

...todas as equipes trouxeram a questão ambiental para a apresentação, tais como, os pássaros mortos pelas usinas eólicas, a alta emissão de CO₂ pelas termelétricas, o reaproveitamento de gases e lixo para a queima efetuada nas usinas de biomassa e da importância de fontes renováveis como a luz do sol e os ventos... (anotações do estagiário 1)

No debate realizado, notamos uma divergência entre a preparação dos grupos para a atividade. Enquanto a dedicação de alguns excedeu todas as expectativas, em outros casos os grupos simplesmente abandonaram a ideia. Em turmas onde havia a presença de alunos mais dedicados reunidos num mesmo grupo, notamos um ar de pouco esforço devido ao fato da vitória daquele grupo parecer já estar definida. Porém, no decorrer da atividade os alunos perceberam que isso não era um fator determinante, o que gerou uma reação positiva e proativa.

Nas defesas de seus pontos de vistas, as questões econômicas, geográficas, técnicas e ambientais polarizaram o debate e trouxeram importantes contribuições para a atividade. Os grupos também apresentaram informações a respeito do tipo de manutenção que as usinas iriam utilizar e como isso poderia impactar no longo prazo. Diferente da redação e da apresentação das maquetes, observou-se uma considerável evolução em relação à familiaridade dos alunos com os termos técnico-científicos ligados ao tema. Isso se deve porque, na atividade do debate, o nível de motivação dos alunos aumentou devido ao clima de competição imposto pela atividade. Outro fator importante para essa diferença foi que além do tempo de preparação para a atividade ser maior com relação às primeiras tarefas, os alunos já haviam assistido às apresentações de seus colegas a respeito de diferentes formas de geração de energia elétrica. Além disso, sempre que

uma equipe percebia que ficava sem argumentos para rebater a outra, era possível recorrer a uma rápida pesquisa na internet, através do celular.

Por fim, cabe destacar que não houve uma diferença significativa na qualidade dos trabalhos e debates entre as turmas de primeira e terceira series, tampouco em relação ao entendimento dos conteúdos trabalhados na sequência didática. Em todas as avaliações, ambas as turmas cometeram acertos e erros semelhantes, mostrando que a alteração da sequência tradicional de conteúdos não interfere no aprendizado dos alunos.

Considerações finais

Analisando os resultados obtidos na produção dos trabalhos dos alunos, concluímos que a proposta de sequência didática conseguiu atingir o objetivo de promover uma educação interdisciplinar no âmbito da aula de Física. O fato da problematização ter partido de um elemento que atinge os alunos em seu dia a dia, como o aumento da conta de energia elétrica proporcionou um engajamento maior deles nas atividades propostas. Outro ponto que provavelmente contribuiu para aumentar o engajamento e a motivação de alguns alunos foi a realização do debate. A competitividade gerada pela atividade acabou por impulsionar a maioria dos alunos, porém, esse mesmo fator acabou por desmotivar outros que pareciam se sentir menos capazes que seus colegas.

Em que pese esse fator que obviamente precisa de mais atenção e investigações, é possível afirmar que os alunos conseguiram construir nas aulas de Física, com o auxílio dos professores, uma reflexão interdisciplinar, onde além do conhecimento da disciplina puderam discutir temas ambientais, econômicos, históricos e políticos relacionados às questões da matriz energética brasileira. Habilidades como pensamento crítico, comunicação, familiaridade com termos científico-tecnológicos também foram desenvolvidos com o trabalho. Dentre a gama de atividades propostas, consideramos que o texto argumentativo produzido deveria ser a terceira atividade a ser realizada, uma vez que ela dá a possibilidade de uma reflexão de toda a sequência didática.

A respeito da utilização dos três momentos pedagógicos como metodologia para o ensino de ciências, consideramos que ela foi fundamental para a contextualização do conhecimento e para o engajamento dos alunos em sala de aula. É preciso salientar também, a importância do primeiro momento pedagógico (a motivação inicial) no êxito de uma sequência didática a ser aplicada em sala de aula. Se a problematização inicial realizada no primeiro momento pedagógico não dialogar com o conhecimento dos alunos, a eficiência da prática pode ser prejudicada pelo baixo engajamento que a atividade proporcionará.

Os três momentos pedagógicos também proporcionam uma facilidade maior para a construção de uma prática interdisciplinar, uma vez que a partir dessa abordagem é possível abordar problemas complexos que demandam conhecimentos oriundos de várias áreas do conhecimento.

Não obstante, a realização da atividade mostrou que a prática interdisciplinar pode acontecer sem a necessidade de inúmeros professores. Para isso, em concordância com o que afirma Freire (1997), é preciso que o professor adote uma concepção pedagógica que o coloque também como um sujeito que aprende durante o processo, pesquisando para sanar suas lacunas de conhecimento, ao mesmo tempo em que também aprende com o conhecimento e pesquisas dos alunos.

Por fim, ao trabalhar o princípio da conservação da energia e o eletromagnetismo do ponto de vista da matriz energética e o preço final da conta de energia elétrica, os alunos conseguiram construir uma sólida ligação entre Física, Biologia, Economia, História, Geografia, Política e

Linguagens. Outro ponto interessante, é que não houve diferença significativa entre as turmas do primeiro e do terceiro ano do ensino médio que foram submetidas à mesma atividade, mostrando que não há uma série específica onde o conteúdo precisa ser trabalhado. Como possibilidades de trabalhos futuros para um professor pesquisador, sugere-se ampliar o número de professores de outras disciplinas para avaliar se os bons resultados obtidos na disciplina de Física também são confirmados nas outras disciplinas.

Referências

- BECKER, F. (1995) *Modelos Pedagógicos e Modelos Epistemológicos*. In SILVA, L.H., AZEVEDO, J.C. (org). *Paixão de Aprender II*. Petrópolis: vozes.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. (1999) *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – Ensino Médio*. Brasília.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. (2002) *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio*. Brasília.
- CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; AUGUSTO, Thaís G S. (2007) Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 12, 139-154.
- DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J, A; Pernambuco; M, M. (2011) *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*; colaboração Antônio Fernando Gouvêa da Silva. – 4. ed.—São Paulo: Cortez. (Coleção Docência em Formação/coordenação: Antônio Joaquim Severino, Selma Garrido Pimenta). 173-298.
- FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. (2002) *Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa*. 10 ed. Campinas: Papirus, 143.
- FREIRE, Paulo. (1997) Papel da educação na humanização. *Revista da FAEEBA*, Salvador, 7.
- FRIGOTTO, Gaudêncio. (1995) *A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais*. In: JANTSCH, A. P. e BIANCHETTI, L (Orgs). *Interdisciplinaridade. Para além da filosofia do sujeito*. Petrópolis: Vozes, 25-50.
- JAPIASSU, H. (1976) *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago.
- LORENZETTI, Leonir; Silvaney, de Oliveira; Maciel Guimarães, Orniley. (2016) “O enfoque CTS e as concepções de tecnologia de alunos do ensino médio”. *Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia*. 9(2).
- MARTÍNS, Estefani. (2015) *Redação – Proposta 2015-9 Matriz energética*. Disponível em: <http://www.opera10.com.br/2015/03/redacao-proposta-2015-9-matriz.html>. Acessado em 29 de maio de 2017.
- SANTOMÉ, J. T. (1998) *Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado*. Porto Alegre: Artmed.
- XAVIER, Claudio; BARRETO, Benigno. (2015) *Física 360º*. 1. ed. São Paulo: FTD, 3.