

AS CONTRIBUIÇÕES DO EDUCAR PELA PESQUISA NO ESTUDO DAS QUESTÕES ENERGÉTICAS

(The contributions of the education by research in the study of energy issues)

Rosangela Ferreira Prestes [ro.janja@hotmail.com]

Mestrado em Educação em Ciências e Matemática/ PUCRS

Ana Maria Marques da Silva [ana.marques@pucrs.br]

Faculdade de Física e Mestrado em Educação em Ciências e Matemática/ PUCRS

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Av. Ipiranga, 6681 - Partenon - Porto Alegre/RS - CEP: 90619-900.

Resumo

Este artigo apresenta um projeto interdisciplinar realizado em uma sala de aula de Física da 1ª série do ensino médio em uma escola pública, na exploração do tema fontes de energia, no qual a pesquisa em sala de aula proporcionou modificações em relação ao papel do professor e dos estudantes. Como resultado, o processo cíclico de questionamento, construção de argumentos e comunicação contribuiu para o desenvolvimento de novas competências, como a capacidade de questionamento crítico, a autonomia na busca do conhecimento e a melhoria da comunicação, ampliando o domínio do conhecimento sobre as questões energéticas.

Palavras-Chave: Questões Energéticas; Educar pela Pesquisa; Projeto Interdisciplinar.

Abstract

This paper presents an interdisciplinary project conducted in a physics classroom in the 1st grade of secondary education in a Brazilian public school, exploiting the theme of energy sources, in which the research in the classroom brought changes in the role of the teacher and of the students. As a result, the cyclical process of questioning, construction and communication of arguments contributed to the development of new skills, such as the ability of critical questioning, autonomy in the pursuit of knowledge and improving communication, with the expansion field of knowledge on energy issues.

Key Words: Energy Issues; Education by Research; Interdisciplinary Project.

Introdução

Diversos autores vêm discutindo a energia como uma unidade temática que deve ter maior destaque e atenção dos professores de Física na sala de aula (Assis; Teixeira, 2003; Doménech et al, 2007; Silva e Carvalho, 2002; Souza; Souza; Barros, 2005). A temática energética permite a discussão de aspectos científicos, tecnológicos, econômicos, sociais, políticos, ambientais e histórico-culturais relacionados às questões que envolvem processos de produção e transformação de energia.

As Nações Unidas, em documentos produzidos no projeto Década de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014) pela UNESCO (2008), destaca, entre outros, os temas energia e trabalho como fundamentais na promoção da alfabetização e da cultura científica. Em um dos artigos produzidos, chama a atenção para a importância de “refletir sobre as necessidades humanas por fontes de energia (extração, transporte, resíduos,...); estudar máquinas como auxiliares para facilitar as mudanças – sem esquecer os debates atuais sobre a redução do desperdício de energia, as fontes de energia alternativas e a falta de equilíbrio entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos, que estão associados com a situação de emergência planetária” (Doménech et al, 2007).

Os meios de comunicação de massa vêm destacando continuamente aspectos relacionados às questões energéticas em documentários, jornais e revistas de divulgação científica ao tratar de temas como mudanças climáticas, esgotamento de recursos energéticos, extinção da biodiversidade e poluição. A UNESCO, preocupada com a divulgação adequada de informações sobre tais temas pelos jornalistas, realizou uma publicação que orienta a mídia na busca de fontes confiáveis de pesquisa e esclarece termos e relações entre fenômenos relacionados ao desenvolvimento sustentável (Bird; Lutz; Warwick, 2008).

Na educação escolar, a aprendizagem centrada em eventos, que utiliza “os fatos de ampla veiculação na mídia e de importância sócio-econômica, explorando-os a partir da ciência e da tecnologia” (Assis; Teixeira, 2003), requerer que professores saibam selecionar materiais didáticos de apoio pertinentes à realidade escolar, e não fatos sensacionalistas (Prestes; Marques da Silva, 2007).

Esta percepção da importância da temática

reorganização das áreas tradicionalmente trabalhadas em Física como, por exemplo, a Mecânica. O calor, ambiente e usos de energia, representam um tema estruturador dos objetivos pretendidos para o estudo dos fenômenos térmicos. Nesse contexto, diversas questões poderão ser aprofundadas como a:

[...] “produção” e utilização de diferentes formas de energia em nossa sociedade, adquirindo as competências necessárias para a análise dos problemas relacionados aos recursos e fontes de energia no mundo contemporâneo, desde o consumo doméstico ao quadro de produção e utilização nacional, avaliando necessidades e impactos ambientais. (BrasiL, 2002, p. 70).

Doménech et al (2007, p. 45), propõe algumas orientações para o estudo da energia no ensino médio de Física, evitando o estudo de aspectos exclusivamente conceituais, que transmitem uma visão limitada de ciência. Como superação desta forma reducionista de estudar o conceito de energia, os autores propõem que o aprendizado de ciências passe a ser desenvolvido como uma atividade que se aproxime da pesquisa científica.

Em acordo com esta idéia, no “educar pela pesquisa” (Demo, 2000), a investigação se faz como princípio científico e como princípio educativo. Neste sentido, a pesquisa é entendida e praticada na sala de aula como “instrumento metodológico para construir conhecimento” e “um movimento para a teorização e para a inovação” (Demo, 1997, p.33).

A pesquisa na sala de aula tem seu início no problema a ser elaborado, nos questionamentos a serem explorados, que podem partir de curiosidades ou de uma problemática da realidade dos estudantes ou de seu contexto escolar (Moraes, 2002). Para o desenvolvimento de uma pesquisa em sala de aula é necessário que os sujeitos se envolvam constantemente neste processo de perguntar. Desta forma, as perguntas passam a ter sentido, gerando a necessidade de buscar novos conhecimentos e realizar novas descobertas.

Apesar das mudanças sócio-tecnológicas e comportamentais, a maioria dos professores continua ministrando suas disciplinas de forma tradicional. Os cursos são estruturados a partir de conteúdos programáticos organizados de forma seqüencial, fixa, desconectados entre si e distantes da realidade. Uma parte significativa dos professores apresenta dificuldade em desenvolver estratégias didáticas que desenvolvam competências e habilidades, com atividades problematizadoras contextualizadas, utilizando a abordagem de projetos interdisciplinares.

Segundo Moraes e colaboradores (2002), a pesquisa em sala de aula é um processo que ocorre em diversos ciclos, com três componentes principais: o questionamento, a construção de argumentos e a validação dos resultados, todos eles mediados pelo diálogo crítico.

Considerando esses referenciais, o presente artigo relata o desenvolvimento de uma proposta de projeto interdisciplinar realizada em uma sala de aula de Física da 1ª série do ensino médio em uma escola pública, na exploração do tema fontes de energia. Ao longo do desenvolvimento da proposta, buscou-se identificar os elementos do educar pela pesquisa (Demo, 2000) presentes na sala de aula, respondendo às seguintes questões de pesquisa: Como se concretiza o questionamento dos estudantes sobre as questões energéticas? Como ocorre a construção de argumentos dos estudantes? Como se desenvolve a comunicação dos resultados da pesquisa à medida que eles são construídos pelos estudantes?

Metodologia da pesquisa

Esta pesquisa se orientou por uma abordagem de pesquisa naturalística-construtiva para “chegar à compreensão dos fenômenos e problemáticas que investiga examinando-os no próprio contexto em que ocorrem” (Moraes, 2006, p.14), neste caso, a sala de aula.

Nesta abordagem de pesquisa, os sujeitos envolvidos participam ativamente no processo de construção e reconstrução do seu conhecimento, sendo o processo analisado por meio de manifestações lingüísticas. Os sujeitos do processo foram os estudantes e o professor-pesquisador.

Uma característica marcante desta abordagem, segundo Moraes (2006), é a superação da neutralidade, na qual o pesquisador é o principal instrumento de coleta de informações e há valorização dos conhecimentos tácitos construídos pelos sujeitos de pesquisa. A abordagem possibilita flexibilidade para o desenvolvimento das atividades, interpretando a realidade de forma contextualizada.

A fonte de dados para a pesquisa foi variada, utilizando-se a gravação das manifestações verbais dos estudantes, o material escrito elaborado nos grupos de trabalho inserido nos registros dos diários dos grupos, assim como as anotações diárias do professor durante o desenvolvimento da proposta. A linguagem não foi utilizada apenas para apresentar os resultados, mas para expressar as compreensões construídas ao longo do processo.

Como metodologia de análise dos dados coletados, a análise textual discursiva foi utilizada (Moraes, 2003). O método consiste em reunir material escrito e a fala dos sujeitos de pesquisa e submetê-los à leitura e análise, visando à identificação das unidades de significado. Após a interpretação dos dados e organização das categorias, a composição de novos textos, evidenciando as relações com o referencial teórico foi realizada.

Como fundamentação metodológica da prática do projeto interdisciplinar realizado em sala de aula utilizou-se uma adaptação da estratégia de construção de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade – IIR, proposta por Fourez (1997).

O socioconstrutivismo é a visão epistemológica na qual se baseia a proposta de Fourez, que considera as dimensões sociais da construção dos saberes, defendendo “o fato de que as práticas científicas são construídas por humanos e para os humanos em um esforço histórico e coletivo” (Fourez, 1995, p.20, citado por Bettanin, 2003, p. 21).

Uma IIR tem como ponto de partida a elaboração de uma situação-problema que define um projeto e que pode ser apresentada em forma de pergunta ou problema derivado de situações cotidianas. Para ir à busca das soluções, torna-se necessária a integração de diversas áreas do conhecimento e também de saberes da vida cotidiana.

Fourez (1997) propõe uma seqüência de etapas que servem como um plano de trabalho para auxiliar e facilitar o desenvolvimento do trabalho em sala de aula, servindo como uma orientação ou esquematização do projeto, para que o grupo consiga chegar à solução do contexto problemático - o produto final – dentro do prazo estabelecido. Por meio das etapas torna-se viável a delimitação do tempo para a conclusão do projeto, evitando que ele se torne muito abrangente e prejudique a realização dos objetivos propostos pela IIR. O tempo de duração de cada etapa é determinado pela equipe que desenvolve o projeto (Bettanin, 2003; Schmitz, 2004).

Neste trabalho foi proposta a construção de uma representação teórica de uma situação-problema elaborada pelo professor, com o objetivo de estudar as questões energéticas. A IIR se organizou em torno do projeto, que foi desenvolvido durante as aulas de Física da 1ª série do ensino médio em uma escola pública, durante um trimestre letivo, em um período total de 45 horas-aula.

Esta abordagem foi escolhida por se tratar de “uma estratégia pedagógica e epistemológica para lidar com o ensino, capaz de cruzar saberes oriundos de várias disciplinas e conhecimentos da vida cotidiana, inventando uma modelização apropriada para representar uma dada situação” (Schmitz, 2004, p.6). Além disso, acreditava-se que a estratégia permitiria uma aproximação interdisciplinar da situação-problema, contribuindo para que se estabelecessem relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente.

Maiores detalhes sobre as etapas de construção de uma IIR e as atividades propostas em cada etapa podem ser encontradas nos trabalhos de Bettanin (2003), Pietrocola e colaboradores (2003) e Schmitz (2004), que utilizaram tal estratégia com estudantes do ensino médio e na formação de professores.

Desenvolvimento da proposta

Uma IIR “visa produzir uma representação teórica apropriada em uma situação precisa e em função de um projeto determinado” (Fourez, 1997, p. 121), permitindo que os envolvidos se comuniquem e ajam sobre o assunto. A elaboração de uma IIR não significa “descobrir uma nova teoria, mas sim *inventar uma teorização* adequada à situação problema” (BETTANIN, 2003, p.44, grifos do autor).

As oito etapas apresentadas por Fourez (1997, p.103, citado por Bettanin, 2003) devem ser consideradas como “pistas metodológicas”, e não como uma regra ou um roteiro de atividades a serem desenvolvidas. As etapas originariamente propostas por Fourez são: clichê, panorama espontâneo, consulta a especialistas, ida à prática, abertura das caixas-pretas, esquematização da situação, abertura das caixas-pretas sem auxílio e síntese da ilha. Neste trabalho, as etapas não foram rigidamente seguidas. Cada etapa teve o aprofundamento e tempo de duração diferenciado para cada grupo de trabalho. Os estudantes assumiram a tomada de decisões em diversos momentos ao longo do desenvolvimento do projeto.

Em acordo com Pietrocola, Pinho-Alves e Pinheiro (2003), a situação-problema foi previamente elaborada pelo professor antes de sua proposição à turma, consistindo na execução na denominada *etapa zero* de construção de uma IIR.

A situação-problema foi determinada a partir da consideração das seguintes características de contorno para a abordagem de questões energéticas: o contexto dos estudantes e da escola; a finalidade/temática do projeto; o tipo de produto final desejado; o tempo para o desenvolvimento das atividades; a percepção dos estudantes sobre o tema; a adaptação da situação-problema ao nível de conhecimento dos estudantes; e definição de uma situação-problema instigadora e desafiadora; a potencialidade para a discussão das relações CTSA.

Pretendia-se que a situação-problema desencadeasse a discussão de conteúdos de Física, tais como Energia, Trabalho, Força e Potência, envolvendo aspectos relacionados ao cotidiano do estudante e às interações entre a ciência, a sociedade, a tecnologia e o meio-ambiente. Almejava-se também que o problema permitisse o tratamento das questões econômicas ligadas ao consumo energético e às questões ambientais e de sustentabilidade relacionadas ao uso de fonte renováveis e não-renováveis de energia. A figura 1 representa um esquema dos elementos essenciais que são contemplados na situação-problema elaborada pelo professor e proposta aos estudantes.

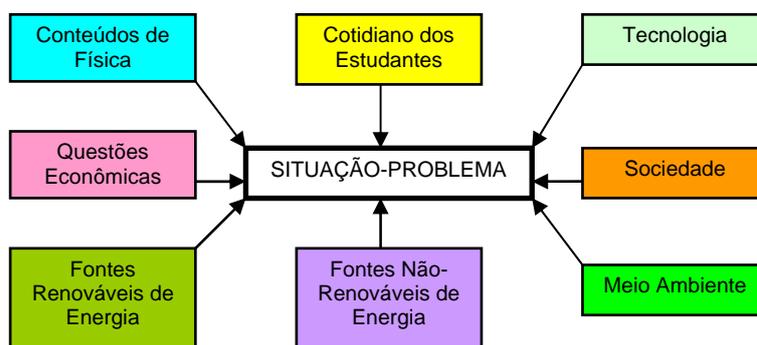


Figura 1: Esquema dos elementos essenciais da situação-problema proposta.

A partir das considerações anteriores, elaborou-se a seguinte situação-problema: “*Uma empresa deseja construir uma usina (ou gerador), para suprir o consumo de energia elétrica de uma casa, com um quarto, uma sala, um banheiro e uma área de serviço. É necessário que se desenvolva um projeto deste gerador/usina, informando o seu funcionamento detalhado, as condições de funcionamento, o custo de funcionamento, as vantagens e desvantagens em relação ao*

meio ambiente. Para isso, cada grupo, deve desenvolver e defender o seu projeto, usando uma fonte de energia renovável ou não-renovável”.

Ao final do período determinado para a finalização do projeto (três meses), comunicado previamente aos estudantes, cada grupo apresentaria seu projeto oralmente aos colegas, com a defesa das vantagens e desvantagens da fonte de energia escolhida, justificando assim as decisões tomadas pelo grupo em seu projeto.

Observa-se que os conhecimentos das várias disciplinas são necessários para a realização do produto final (projeto) da situação-problema proposta, definindo um modelo de abordagem interdisciplinar restrita (Fourez, 1997). O problema proposto também favorece a discussão das interações CTSA, possibilitando uma abordagem contextualizada das questões energéticas.

Visando fornecer subsídios ao professor quanto aos modelos explicativos dos estudantes, assim como os elementos que poderiam dificultar o desenvolvimento da proposta, identificaram-se os conhecimentos prévios dos estudantes sobre energia, trabalho, força e potência, utilizando as pesquisas de Duit (1984) e Trumper (1990) para esta análise. Para tanto os estudantes realizaram atividades que buscavam identificar os conhecimentos prévios utilizando de associações de palavras, definições ou descrições de conceitos e exemplos, além da explicação de uma montagem experimental e da análise de situações de conservação de energia.

Segundo Fourez e colaboradores (1997), a etapa do *clichê* é o momento da construção de uma IIR no qual se identificam as representações iniciais, corretas ou não, que os estudantes apresentam sobre a situação a ser investigada. Esta primeira representação reflete o que pensa o grupo sem que tenha havido nenhuma formação ou informação especial.

A situação-problema foi apresentada a todos os estudantes pelo professor, assim como a estratégia metodológica. A contextualização do problema e suas delimitações foram realizadas de forma coletiva, buscando incentivar a discussão das idéias dos estudantes. Organizaram-se pequenos grupos e cada grupo recebeu um caderno para a realização de um “diário”, no qual seriam registradas todas as atividades do grupo, as anotações dos questionamentos iniciais sobre o projeto, assim como as reelaborações das questões e o registro das decisões acordadas no grupo. As referências bibliográficas consultadas também deveriam ser registradas. Foi negociado que, em diferentes momentos ao longo do projeto, este diário seria compartilhado e avaliado pelos outros grupos, com a inserção de críticas e elogios à organização e conteúdo dos registros.

Após a apresentação, discussão e contextualização da situação-problema aos estudantes, os mesmos levantaram as hipóteses iniciais sobre as possíveis soluções para a resolução da situação problema, elaborando questões iniciais registradas nos diários. Este foi um momento de grande questionamento por parte dos estudantes, pois eles estavam diante de um novo ambiente de aprendizagem, no qual os papéis dos atores (estudantes e professor) tinham sido redefinidos.

Na estratégia original de construção de uma IIR, a etapa seguinte, o *panorama espontâneo*, busca ampliar o clichê, por meio da formulação de outras questões relevantes relacionadas com a situação-problema que não são levantadas no clichê. Na turma de estudantes, esta etapa caracterizou-se pela definição de algumas caixas-pretas e bifurcações da situação-problema. Particularmente, as fontes de energia renováveis e não-renováveis foram identificadas como bifurcações.

A criação de grupos menores responsáveis pela análise das fontes foi utilizada para viabilizar a exploração dessas caixas-pretas, identificadas como os mecanismos de produção de energia elétrica utilizando energia solar, nuclear, hidroelétrica e eólica. Nas discussões, identificaram-se o cálculo do consumo da energia elétrica e o cálculo aproximado do custo de construção e manutenção do gerador também como caixas-pretas a serem abertas por todos os grupos. Os estudantes realizaram indicações iniciais dos especialistas que deveriam ser consultados pelos grupos de trabalho.

A divisão do trabalho em pequenas equipes foi estabelecida pelo professor em acordo com os estudantes, buscando incentivar a escolha de diferentes fontes de energia pelos grupos. Assim, a maior parte das tomadas de decisões ficou restrita aos pequenos grupos.

Os questionamentos iniciais dos estudantes foram registrados, categorizados e reelaborados. A partir destes questionamentos, decidiu-se que alguns aspectos da situação-problema seriam delimitados, para que todos trabalhassem com a mesma realidade. Decidiu-se que todos os grupos deveriam apresentar ao longo do projeto os seguintes resultados parciais: a planta baixa da casa em escala; a relação dos móveis e utensílios eletro-eletrônicos da casa, dentro de um valor total de R\$ 50.000,00; a descrição do funcionamento do gerador/usina, com as dimensões necessárias para atender a casa projetada; o cálculo aproximado do custo de construção e manutenção do gerador/usina por ano; a descrição dos impactos ambientais produzidos.

Tais decisões, que não constavam da situação-problema inicial, foram acordadas entre o professor e todos os grupos, buscando minimizar a ansiedade dos estudantes, que estavam bastante inseguros sobre o encaminhamento da nova proposta metodológica.

A seguir, os estudantes recorreram à *consulta de especialistas e especialidades* para a abertura de algumas caixas pretas. Foram consultados professores de outras disciplinas, estudantes de engenharia, eletricitas, pedreiros e pais. Algumas consultas foram realizadas fora do ambiente da escola e do horário das aulas, como em visitas aos laboratórios de pesquisa em energia solar no Parque Tecnológico da PUCRS (TECNO PUC), ao centro de energia eólica e ao Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS.

Segundo Bettanin (2003), a consulta de especialistas e especialidades corresponde à inclusão de novos membros no grupo para auxiliar o esclarecimento de dúvidas levantadas na situação-problema, quando a equipe inicial não consegue esclarecer ou discutir os questionamentos sem o auxílio de outras fontes.

A consulta mostrou-se uma alternativa importante para a construção de novos argumentos, pois os estudantes tiveram que elaborar melhor suas dúvidas, organizando-as, inclusive por meio do registro por escrito. Os argumentos foram ficando cada vez mais elaborados à medida que eles se apropriavam dos temas de estudo.

Diante das sugestões dos colegas e após a consulta a alguns especialistas e especialidades, os estudantes realizaram as reconstruções das atividades desenvolvidas, respondendo os questionamentos levantados, reconstruindo questões e identificando os conhecimentos necessários para o esclarecimento das caixas-pretas. Esta etapa corresponde ao aprofundamento dos conhecimentos, em que o caráter teórico é abandonado e parte-se para uma etapa de *ida à prática*. Este representa “o momento em que os participantes do projeto saem do abstrato para entrar em contato com o concreto” (Schmitz, 2004, p.112).

Os estudantes descreveram detalhadamente as características dos aparelhos eletro-eletrônicos para o cálculo do consumo (potência, tempo de uso diário). Também trouxeram artigos de jornais e revistas nos quais eram discutidas questões energéticas, como aquecimento global e fontes alternativas de energia, entre outras.

Os textos trazidos para a sala de aula pelos estudantes foram analisados e discutidos, explorando as diversas dimensões do texto de divulgação científica: as dimensões científica, tecnológica, social e das interações CTSA, como descrito no artigo de Prestes e Marques da Silva (2007).

Na etapa de *abertura das caixas-pretas*, optou-se por realizar uma aula expositiva-dialogada sobre o consumo de energia elétrica de uma residência, com base no material produzido para estudantes pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física - GREF (1996). Esta abordagem permitiu a ampliação do domínio dos conhecimentos dos estudantes sobre os conceitos de potência, tensão, corrente elétrica, necessário para a determinação do consumo energético da casa projetada.

Cada grupo havia construído uma tabela com as indicações das características dos aparelhos elétricos. No entanto, na apresentação dos resultados preliminares, diversas tabelas não continham as informações necessárias para o cálculo do consumo da energia elétrica. As grandezas elétricas foram discutidas durante um dos encontros com a turma. Os estudantes enfrentaram o desafio de realizar o cálculo do consumo de energia elétrica de sua residência. Posteriormente, após uma discussão sobre as dificuldades enfrentadas e o esclarecimento das dúvidas, os estudantes realizaram o cálculo da casa projetada pelo grupo.

Conceitos de energia cinética e potencial, potência, trabalho e força foram explorados pelos estudantes utilizando o material do GREF de Mecânica (2001), possibilitando que eles gradativamente avançassem no conhecimento que já dominavam com segurança em direção a novos domínios.

A seguir, baseada na sexta etapa proposta por Fourez de esquematização da situação, ocorreu a avaliação da síntese dos resultados produzidos até aquele momento. Foi realizada uma mesa redonda, na qual alguns grupos fizeram suas apresentações utilizando recursos da informática. Esta atividade tinha como objetivo compartilhar com os colegas quais eram os resultados parciais e avanços obtidos no projeto, identificar as dúvidas encontradas durante a realização das atividades e elaborar críticas e sugestões para a melhoria dos trabalhos apresentados. Os estudantes apresentaram os projetos de suas casas com os utensílios eletro-eletrônicos, assim como o cálculo do consumo mensal. As escolhas foram justificadas e discutidas pelo grande grupo. Discutiram-se questões relacionadas às dificuldades de obtenção de informações sobre a construção da usina ou gerador, particularmente devido à falta de detalhes técnicos sobre o consumo e custos de manutenção fornecidas pelos fabricantes de motores a diesel, módulos fotovoltaicos, geradores eólicos e geradores hidrelétricos, escolhidos pelos grupos.

Os resultados produzidos precisam ser submetidos ao grupo da sala de aula – estudantes e professor – para que sejam validados (Moraes, 2002). A submissão ao grupo, em uma ação discursiva e dialógica, promove a participação cooperativa do grupo na reconstrução de seus conhecimentos.

Na busca de ampliar a capacidade de autonomia dos estudantes, na etapa seguinte, os estudantes realizaram as suas reconstruções e *abertura de caixas-pretas sem o auxílio dos especialistas*, buscando informações por iniciativa própria em diversas fontes de pesquisa. Este momento correspondeu ao um novo processo de questionamento, construção de novos argumentos e comunicação dos resultados parciais, retomando o ciclo dialético do educar pela pesquisa.

Após a abertura mais aprofundada das caixas-pretas, realizou-se a *elaboração da síntese da IIR*, a apresentação do produto final – o projeto da usina ou gerador - com sua respectiva defesa perante o grupo. Cada grupo apresentou sua síntese e foi feita uma defesa do projeto relacionando os aspectos econômicos e de impacto ambiental do projeto para cada tipo de fonte de energia. As apresentações ocorreram na forma de seminário. Para finalizar o trabalho, realizamos uma avaliação da dinâmica desenvolvida na sala de aula, buscando identificar as percepções dos estudantes sobre a proposta desenvolvida.

Análise dos Elementos do Educar pela Pesquisa

Apresentamos a seguir a análise dos elementos do educar pela pesquisa – questionamento, argumentação e comunicação – identificados ao longo da proposta de trabalho desenvolvida em sala de aula.

Questionamento

O *questionamento* sistemático surgiu em todas as etapas da proposta de trabalho na sala de aula. Corresponde ao primeiro elemento do educar pela pesquisa, e é “a mola propulsora da pesquisa em sala de aula” (Moraes; Galiuzzi; Ramos, 2002, p.18), funcionando como “um elo entre o que temos hoje e o que ainda não conhecemos, mas iremos buscar” (Barreiro, 2002, p. 180).

Foram identificadas três categorias emergentes da análise deste elemento do educar pela pesquisa: a necessidade do desequilíbrio para a quebra da estabilidade; a negociação entre os componentes do grupo; e a complexificação dos conhecimentos dos estudantes.

A competência para o questionamento dos estudantes se estabelece a partir da quebra da estabilidade ou saída da “zona de conforto”, promovida pela apresentação de situações novas e desafiadoras aos estudantes. Em nossa pesquisa, tais situações de desequilíbrio incluíram tanto a apresentação da nova proposta de metodologia de trabalho na sala de aula, como uma situação-problema desafiadora relacionada com o cotidiano do estudante.

Na sala de aula, os estudantes enfrentaram as críticas, como os questionamentos realizados pelos outros grupos, que serviram como elemento de quebra da estabilidade das verdades estabelecidas por um grupo. O questionamento desencadeava uma procura e movimentava os estudantes em busca de uma nova estabilidade amparada por novas verdades, que eram continuamente rompidas, iniciando um novo ciclo de conhecimento cada vez mais elaborado.

Além de causar a desacomodação dos estudantes, a sala de aula com pesquisa incentivou-os a abandonarem uma posição de passividade, estimulando o questionamento devido à necessidade de negociações para que se estabelecessem os diversos acordos para elaboração e apresentação de argumentos para resolução da situação-problema.

Ao final do trabalho foi perceptível a mudança no comportamento dos alunos em relação à tomada de decisões e capacidade de negociação, pois eles se tornaram mais críticos, defendendo seus pontos de vistas, apresentando argumentos mais consistentes e não se contentando com qualquer resposta para os seus questionamentos.

Houve um aumento da responsabilidade apresentada pela maioria dos grupos para a realização das suas atividades, que se comprometeram com suas aprendizagens. Para que os conhecimentos construídos fossem validados coletivamente, as negociações internas e externas tornaram-se necessárias. Concordamos com Demo (2000, p. 18), quando diz que o trabalho coletivo exercita “a cidadania coletiva e organizada, à medida que se torna crucial argumentar na direção dos consensos possíveis”.

O uso da estratégia de construção da IIR na sala de aula promoveu a reelaboração contínua dos questionamentos levantados sobre a situação-problema, em um processo cíclico de complexificação que ampliou a capacidade crítica e argumentativa dos estudantes.

A análise dos conhecimentos prévios dos estudantes indica que os mesmos possuíam conhecimentos cotidianos sobre o tema fontes de energia, provenientes principalmente de reportagens e artigos em revistas e jornais da imprensa nacional. Nesse sentido, as atividades realizadas permitiram que ocorresse a complexificação dos conhecimentos, a partir da reconstrução daquilo que eles conheciam sobre o tema.

Além dos avanços empreendidos em relação ao domínio de conceitos, a estratégia utilizada permitiu um avanço no estabelecimento das relações CTSA, quando eles identificam as causas e os efeitos do uso e avanço da ciência e tecnologia, assim como dos impactos nos setores econômico, político, social e ambiental

Argumentação

A *argumentação* desenvolveu-se por meio de três elementos identificados: a construção de novas hipóteses; a reunião de novos argumentos e a organização de argumentos na forma de produção escrita.

À medida que iniciamos o processo de questionamentos dos conhecimentos e retiramos o professor do papel de detentor das verdades absolutas, a dúvida passa a ser uma possibilidade de crescimento para o estudante, um caminho para complexificar o seu conhecimento. A sala de aula se transformou em um espaço de produção e reconstrução, no qual se reuniam argumentos para fundamentar as novas hipóteses e criar novos questionamentos. A experiência favoreceu especialmente a formação de uma visão crítica na avaliação de argumentos e de materiais de pesquisa, aproximando os estudantes do conhecimento científico e os incentivando-os à leitura.

Para a construção de novos argumentos, os estudantes traçaram caminhos em busca de respostas para as suas dúvidas, organizando suas novas verdades a partir de materiais de pesquisa selecionados de forma crítica. Ampliou-se o ambiente de aprendizagem dos estudantes, quando especialistas que estavam fora do espaço escolar foram consultados e textos publicados pela imprensa foram analisados em sala de aula, contribuindo para que se estabelecessem relações CTSA.

A utilização de materiais didáticos diversos contribuiu para a complexificação dos conhecimentos dos estudantes, permitindo que eles estabelecessem relações entre diversos conteúdos disciplinares. Os textos de divulgação científica foram utilizados em sala de aula como um recurso complementar, constituindo-se em um instrumento promotor de discussões e reflexões para o estudo do tema proposto.

Atualmente a quantidade de informações disponíveis em jornais e revistas que tratam de questões energéticas é imensurável, e os alunos estavam apresentando dificuldades em compreender tais informações e interpretá-las para que fossem transformadas em novos argumentos. Conforme Demo (2000, p. 23): “Uma coisa é manejar textos, copiá-los, decorá-los, reproduzi-los. Outra é interpretá-los com alguma autonomia, para saber fazê-los e refazê-los”. Para que novos argumentos fossem produzidos a partir dos materiais de pesquisa, foi necessário o envolvimento na análise crítica dos textos trazidos para a sala de aula pelos alunos.

Ao longo do processo de construção da IIR, os estudantes avançaram do questionamento para a construção de argumentos e depois para a validação obtida com a comunicação dos resultados das pesquisas. Esse processo se deu de forma contínua e crescente, pois a cada comunicação, sempre se iniciava um novo ciclo de questionamentos, com a elaboração de novas hipóteses e elaboração de novas verdades e argumentos.

Um dos grupos, ao verificar que a casa projetada apresentava um consumo de energia elétrica muito superior ao de suas próprias residências, que comportavam um número maior de pessoas, optou por reduzir o número de aparelhos eletro-eletrônicos, além de substituir aparelhos que consumiam excessivamente e trocar as lâmpadas incandescentes por fluorescentes.

Comunicação

A *comunicação* dos resultados da pesquisa ocorreu inicialmente dentro dos pequenos grupos, em um processo cooperativo de investigação na sala de aula, que favoreceu a expressão verbal e escrita individual dos resultados da pesquisa. Posteriormente, este processo de comunicação se ampliou para o coletivo.

Concordamos com Demo (2000, p. 18) ao afirmar que: “o trabalho em equipe, além de ressaltar o repto da competência formal, coloca a necessidade de exercitar a cidadania coletiva e organizada, à medida que se torna crucial argumentar na direção dos consensos possíveis”.

Um aspecto que indica a comunicação no desenvolvimento da proposta apresentada é a integração do estudante no grupo de trabalho do qual faz parte. Se ele consegue relacionar-se com os demais membros, participar e contribuir na equipe pode-se afirmar que ele está conseguindo se comunicar. Dentro de uma comunidade: se um indivíduo não se comunicar com os demais membros da comunidade na qual vive, ele é praticamente excluído de todas as atividades. Assim também se observou no decorrer da proposta na sala de aula e confirmou-se pela análise dos registros nos diários dos grupos.

Dois grupos apresentaram registros com uma descrição pobre das atividades, falta de informações e registros incompletos. Ao analisar a dinâmica da equipe destes grupos observaram-se atitudes passivas, falta de discussão e envolvimento com a pesquisa; os estudantes não traziam material de pesquisa e não se organizavam. Mesmo as críticas dos colegas não chegaram a produzir modificações e reelaborações. Apesar do incentivo e do encorajamento do professor, houve dificuldade para envolver esses grupos no trabalho. Acredita-se que seria necessário um trabalho mais individualizado do professor com o grupo e uma pesquisa sobre os motivadores da falta de interesse e motivação de tais grupos para superar essas dificuldades.

Concordamos com Demo (2000, p. 20) ao afirmar que: “é importante que no grupo, se manejem habitualmente fenômenos psicossociais negativos, como o isolamento de alguém, intrigas e ciúmes, altos e baixos em termos de ânimo, desagregação etc.”. Diante desta situação é necessário que o professor atue como um mediador estabelecendo uma relação harmoniosa entre o grupo.

Para que ocorra a comunicação de determinado assunto é necessário que se tenha domínio do conhecimento para poder expressá-lo adequadamente. Esta habilidade se manifestou nas diversas atividades desenvolvidas, particularmente nos momentos em que se realizaram as seguintes exposições orais: reformulação da planta baixa da casa projetada e da tabela de equipamentos pelo grupo; apresentação da síntese do projeto pelos grupos; reformulações das questões ampliando sua abrangência ou detalhamento; modificações do projeto apresentado; discussões dentro da equipe e no grande grupo, quando as negociações gerais eram realizadas.

Os estudantes passaram a utilizar melhor os termos científicos ao articularem suas idéias na argumentação e na comunicação externa. O processo dialógico presente nos elementos do educar pela pesquisa contribuíram para esta evolução, pois os estudantes se envolveram no processo de reconstrução de seu conhecimento de forma crítica e contextualizada.

As entrevistas com especialistas representaram momentos de grande aprendizado, pois havia a necessidade dos estudantes se comunicarem utilizando um vocabulário que ia além do coloquial, dominando uma linguagem científica rudimentar para questionar os pesquisadores.

Na atividade de comunicação dos resultados destacou-se a evolução dos estudantes no que se refere à expressão oral para um grande público e a aceitação da crítica e do erro construtivo como fatores que contribuíram para a reconstrução dos conhecimentos e para a qualidade política e formal da educação.

Considerações finais

Os três elementos do educar pela pesquisa foram identificados ao longo do trabalho interdisciplinar desenvolvido em sala de aula, utilizando elementos da estratégia metodológica de construção de uma IIR. Tais elementos apresentaram uma dinâmica de interação permanente um ciclo dialético, esquematizado na Figura 2.

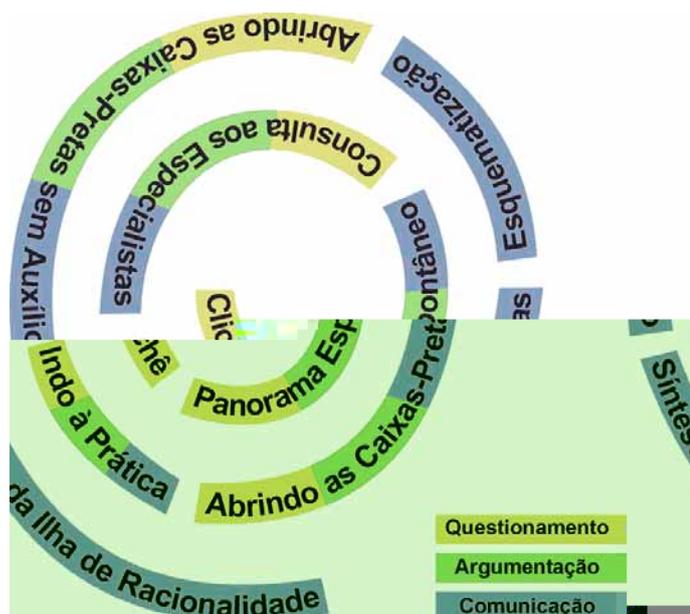


Figura 2: Esquema representativo do ciclo dialético composto por elementos do educar pela pesquisa, presentes no desenvolvimento da proposta interdisciplinar baseada nas IIR.

Acreditamos que o processo cíclico e permanente de questionamento, construção de argumentos e comunicação realizada ao longo de todas as etapas de construção da ilha interdisciplinar de racionalidade contribuiu para que os estudantes desenvolvessem novas competências, como a capacidade de questionamento crítico, ampliação da autonomia na busca do conhecimento e melhoria da comunicação com ampliação do domínio do conhecimento sobre as questões energéticas.

A estratégia desenvolvida na sala de aula, baseada em elementos da construção de uma ilha interdisciplinar de racionalidade favoreceu a convivência dos estudantes com a incerteza e com o fato de que o conhecimento não é algo pronto, mas em permanente construção, sujeito a mudanças e a novas compreensões, produzido socialmente.

Identificamos a relevância destacada pelos estudantes para as atividades que foram desenvolvidas a partir de uma situação-problema, que permitiu um espaço para questionamentos em sala de aula, manifestação de dúvidas, construções e reconstruções, a realização de uma pesquisa com caráter investigativo, diferenciando-se da percepção de pesquisa que os estudantes tinham anteriormente. O trabalho desenvolvido ultrapassou a visão disciplinar do ensino de Física centrada na utilização do livro didático e no professor como detentor dos conhecimentos.

A avaliação da aprendizagem baseou-se na produção dos estudantes, manifestada tanto oralmente como por escrito. Acompanhamos ainda aspectos como a participação, o esforço em dialogar com o grupo, a autonomia na busca de recursos para as aulas, principalmente, na forma de textos e o domínio dos conhecimentos relacionados ao tema.

O trabalho com a pesquisa em sala de aula proporcionou modificações em relação ao papel do professor e dos estudantes. Em concordância com Demo (1994, p. 59): “a mudança do professor ‘auleiro’ para orientador e, do estudante, de objeto de aprendizagem para parceiro da construção do conhecimento, altera substancialmente o ambiente”.

Assim, encontramos na proposta da construção de ilhas interdisciplinares de racionalidade uma possibilidade de efetiva promoção de uma alfabetização científica e técnica, “definida por um contexto no qual os saberes científicos procuram gerar alguma autonomia, possibilitando que o aprendiz tenha capacidade para negociar suas decisões, alguma capacidade de comunicação (encontrar maneira de dizer) e algum domínio e responsabilização face a situações concretas” (Fourez, citado por Pietrocola, 2000).

A aproximação interdisciplinar realizada no projeto proposto possibilitou, pelo diálogo, pela problematização do conhecimento, pela construção de novos argumentos e pela sua validação nesse coletivo, um processo cooperativo de investigação na sala de aula, por meio do qual foi incentivado o desenvolvimento individual e coletivo.

Referências

- Angotti, J. A. P. (1991). *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências*. São Paulo, Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- Assis, A.; Teixeira, O. P. B. (2003). Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. *Ciência & Educação*, v.9, n.1, p. 41-52.
- Barreiro, C. (2002). Questionamento sistemático: alicerce na reconstrução dos conhecimentos. In: MORAES, R.; LIMA, V.M.R. (Ed.). *Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- Bettanin, E. (2003) *As Ilhas de Racionalidade na promoção dos objetivos da Alfabetização Científica e Técnica*. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Bird, E.; Lutz, R.; Warwick, C. (2008). *Media as partners in education for sustainable development: a training and resource kit*. Paris: UNESCO Series on Journalism Education, 68p.
- Brasil, Ministério da Educação (MEC), Secretaria da Educação Média e Tecnológica (Semtec). (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/Semtec.
- _____, Ministério da Educação (MEC), Secretaria da Educação Média e Tecnológica (Semtec) (2002). *PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=content&task=view&id=265&I>>. Acesso em 03 de nov. 2006.
- Demo, P. (1994). *Educação e Qualidade*. 5. ed. São Paulo: Papirus.
- _____, P. (1997). *Pesquisa e Construção do Conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas*. 3. ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro.
- _____, P. (2000). *Educar pela pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Autores Associados.
- Doménech, J.L. et al. (2007). Teaching of Energy Issues: A Debate Proposal for a Global Reorientation. *Science & Education*, v.16, p.43-64.
- Duit, R. Learning the Energy Concept in School: empirical results from the Phillipines and West Germany. *Physics Education*, v.19, p. 59-66, 1984.
- Fourez, G. et al. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Fourez, G. (1995). *A Construção das Ciências introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: Editora UNESP.
- GRAF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (2001). *Física*. 7. ed. São Paulo: Edusp.
- GRAF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (1998). *Leituras de Física: Eletromagnetismo*. Acesso em: 30 nov., 2006, <<http://axpfep1.if.usp.br/~graf/eletro/eletro2.pdf>>.
- INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Acesso em: 25 nov., 2007, <<http://www.inep.gov.br/basica/levantamentos/acessar.htm>>.

- Manassero Mas, M. A.; Vázquez Alonso, A.; Acevedo Díaz, J. A. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 22, n. 2, p. 299-312.
- Marcote, P. V.; Suárez, P. A. (2005). Planteamiento de un marco teórico de la Educación Ambiental para un desarrollo sostenible. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 1.
- Moraes, R. (2002). Educar pela pesquisa: exercício de aprender a aprender. In: MORAES, R.; LIMA, V.M.R. (Ed.). *Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- _____, R.; Galiuzzi, M. C.; Ramos, M. G. (2002). Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, R.; LIMA, V.M.R. (Ed.). *Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- _____, R. (2003). *Uma Tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva*. *Ciência e Educação*, v. 9, n 2, p. 191-211.
- _____, R. (2006). *Da noite ao dia: tomada de consciência de pressupostos assumidos dentro das pesquisas sociais*. Porto Alegre. Texto digitado.
- Pérez D. G.; Vilches, A. (2005). The Contribution of Science and Technological Education to Citizens' Culture, *Can. J. Science, Mathematics and Technology Education*, v.5, n.2, p. 253-263.
- Pietrocola, M. P.; Nehring, C. M.; Silva, C. C.; Trindade, J. A. O.; Leite, R. C. M.; Pinheiro, T. F. (2000). As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v.2, n.1, p. 1-18.
- Pietrocola, M.; Pinho-Alves, J.; Pinheiro, T. F. (2003). Prática Interdisciplinar na Formação Disciplinar de Professores de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 2, p. 131-152.
- Prestes, R. F.; Marques da Silva, A. M. (2007). *Artigos de Divulgação Científica para o Estudo de Problemas Energéticos com Enfoque CTS*. VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis.
- Santos, W. L. P.; Mortimer, E. F. (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p.133-162.
- Silva, L. F.; Carvalho, L. M. (2002). *A Temática Ambiental e o Ensino de Física na Escola Média: Algumas Possibilidades de Desenvolver o Tema Produção de Energia Elétrica em Larga Escala em uma Situação de Ensino*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.24, n.3, p.342-352.
- Schmitz, C. (2004). *Desafio docente: as Ilhas de Racionalidade e seus elementos interdisciplinares*. 2004. 250 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Souza, E. S.; Sousa, J. J. F.; Barros, S. S. (2005). Material Didático para o Ensino do Conceito de Energia na Aula de Ciências da Escola Fundamental. In: *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Rio de Janeiro: SBF.
- Trumper, R. (1990). Energy and a Constructivist Way of Teaching. *Physics Education*, v. 25, p. 208-211.
- UNESCO. (2008). *Década de Educação para o Desenvolvimento Sustentável*. Acesso em: 09 de jun, 2008, <<http://www.unesco.org/education/desd/>>.
- Recebido em: 19/05/09
Aceito em: 03/09/09