

## Educação de jovens e adultos: uma abordagem transdisciplinar para o conceito de energia

Débora Coimbra<sup>1</sup>, Neiva Godoi<sup>2</sup> e Yvonne Primerano Mascarenhas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil. E-mail: [deborac@pontal.ufu.br](mailto:deborac@pontal.ufu.br).

<sup>2</sup>Escola Estadual Archimedes Aristeu Mendes de Carvalho – São Carlos, SP, Brasil. E-mail: [neivagodoi@yahoo.com.br](mailto:neivagodoi@yahoo.com.br).

<sup>3</sup>Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, Brasil. E-mail: [yvonne@if.sc.usp.br](mailto:yvonne@if.sc.usp.br)

**Resumo:** Assumindo que a aprendizagem decorre da demarcação e ampliação de zonas de um perfil conceitual, propusemos uma seqüência didática para o ensino do tema energia, numa perspectiva transdisciplinar. Nosso estudo envolveu 28 estudantes da Educação de Jovens e Adultos (segundo ano do ensino médio) de uma escola pública do município de São Carlos, SP, Brasil. Perfil conceitual é uma ferramenta teórica proposta por Mortimer (1996), que relaciona a construção de um conceito ao contexto real vivenciado, dependente de fatores como produção científica, a cultura e o cotidiano. Iniciamos nossa seqüência pela aplicação de um pré-teste contendo questões de mecânica e termodinâmica, e também algumas questões discursivas abertas. Posteriormente, atividades como a interpretação de letras de música e de textos e a análise de situações experimentalmente foram implementadas, numa abordagem sócio-cultural. Além de identificar e enriquecer o perfil conceitual dos estudantes, a idéia foi incluir novas zonas relativas à noção de energia nuclear. Concomitante e oportunamente, foram abordados assuntos como fotossíntese, respiração animal, balanço energético diário e fenômenos atmosféricos como o *El Niño*. Finalizamos a intervenção pela aplicação de um pós-teste. Nossas intervenções foram registradas em vídeo. A seqüência foi adaptada constantemente, em função dos obstáculos encontrados na aprendizagem do tema.

**Palavras-chave:** Energia, perfil conceitual, transdisciplinaridade, estratégias de ensino.

**Title:** Adult Education: transdisciplinary approach to teaching of energy concept

**Abstract:** Within the conception of learning as a demarcation and evolution of a conceptual profile bands, we implemented a didactic strategy taking into account a transdisciplinary approach to energy theme. We performed a study with 28 adult students of second year of a public high school from São Carlos town, SP, Brazil. The conceptual profile proposed by Mortimer (1996) is a theoretical tool, which is related to a concept construction and to a real student's context. It depends on several factors such as the scientific production, the culture and quotidian use. We began our didactic intervention applying a test. It contemplates mechanic and thermodynamic quotidian situations, as also discursive questions. In

sequence, activities concerning lyrics analysis, oriented studies of texts and experimental situations, within a sociocultural scholarship approach were worked out. The aim of this work is to identify and to enlarge the conceptual profile of students and especially to broaden conceptual profile by the inclusion of new bands related to nuclear energy notions. Concomitantly, we discuss photosynthesis, animal respiration, day by day human's energy balance and atmospheric phenomena as *El Niño*. We finished our intervention applying a posttest. To validate activities, our classes were registered in video. The organization of teaching sequences in class was adapted constantly taking account of the obstacles concerning the theme's learning.

**Key-words:** Energy, conceptual profile, transdisciplinarity, teaching strategies.

### Introdução

A simetria resultante da homogeneidade do tempo, ou seja, o fato de que o mundo é invariante sob transformações temporais, implica diretamente numa das leis mais básicas e mais úteis da Física, a conservação de energia. Segundo essa lei, há uma certa grandeza denominada energia que não se altera nas múltiplas modificações pelas quais passa a natureza (Feynman, 1999). Energia é um conceito muito abrangente e, por isso mesmo, muito abstrato e difícil de ser definido de modo preciso com poucas palavras de um modo preciso. A palavra energia, derivada do vocábulo grego *energeia* (significando *em ação*) é a propriedade de um sistema que lhe permite existir, ou do ponto de vista físico, realizar trabalho (Tundisi, 2000). Segundo Axt e Alves (1994), a interveniência da energia é um requisito fundamental para o entendimento do mundo, o que vem ao encontro do conceito geral, amplo e abstrato.

Qual é a relação entre a luz e os alimentos? E entre luz e energia? É possível se alimentar de luz? A música *Brejo da Cruz* antecipa a abordagem escolhida neste estudo de caso para a proposição de intervenções transdisciplinares para o ensino do conceito energia. Esta abordagem multifocada e pluridimensionada encontra justificativa na perspectiva da diversidade de contextos científicos particulares em que o conceito é evocado e na diversidade de experiências prévias dos estudantes integrantes da Educação de Jovens e Adultos, público alvo do caso relatado no presente artigo. A transdisciplinaridade, transcendendo a visão fragmentada e estanque das disciplinas tradicionais, possibilita uma visão holística do tema. Uma diversificação dos enfoques em torno do mesmo assunto permite aprofundar sua compreensão, descartando algumas noções ingênuas e ampliando o horizonte intelectual do educando (Rocha Filho, Bernardes e Borges, 2006). Difere da interdisciplinaridade, a qual se realiza no trabalho cooperativo de professores de diferentes disciplinas que decidem integrar suas ações educativas, mas, especificamente em relação ao tema enfocado, preserva semelhanças à abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Atendendo à sugestão dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM, 1999), que preconiza uma educação básica sob a égide da contextualização

e interdisciplinaridade, nosso trabalho enfocou a energia no contexto da interpretação de fenômenos e processos naturais, assim como daqueles implementados pelo homem, e do problema ambiental decorrente do uso irracional de algumas fontes de energia. Considerando as dificuldades do cotidiano escolar, a superação da perspectiva interdisciplinar se dará por meio da transdisciplinaridade. Nesta perspectiva, as ligações se dariam não entre disciplinas estanques e bem delimitadas, mas por meio de ligações no interior de um sistema global de conhecimentos associados a uma ampla percepção do ser no mundo, podendo ser implementadas no seio de uma única disciplina. Em Física, o tema energia é fundamental para a compreensão de processos mecânicos, termodinâmicos e eletromagnéticos. No entanto, a questão da utilização dos recursos energéticos delinea ações políticas e governamentais; a energia dos combustíveis, dos alimentos e do átomo permeia o contexto da química e das revoluções estudadas em História, entre outros.

Nas últimas décadas, a pesquisa acerca dos métodos alternativos de ensino-aprendizagem em física cresceu significativamente, e a utilização de estratégias baseadas nas concepções prévias dos estudantes como suporte para aquisição do conhecimento científico, vem sendo investigada por pesquisadores e professores de ciências. No caso da Educação de Jovens e Adultos, essas idéias prévias, adquiridas e consolidadas na experiência pregressa dos estudantes, representam um potencial gerativo, pois, esse conhecimento pode ser usado como um ponto de partida para o desenvolvimento de novas interpretações mais complexas e completas.

Neste trabalho, analisamos as concepções prévias apontadas por estudantes de uma turma de segundo ano do ensino médio da Educação de Jovens e Adultos sobre a temática energia. Barbosa e Borges (2006) apontam que o conhecimento prévio dos estudantes é do ponto de vista da ciência escolar, fragmentado, e não pode ser substituído por aquilo que desejamos que eles aprendam. Segundo Mortimer, o ensino de Ciências não deve almejar a substituição das idéias prévias dos estudantes pelas noções científicas, mas sim, deve promover uma multiplicidade de interpretações da realidade. A aplicação de cada noção nos contextos convenientes oportunizaria uma ampliação de um perfil conceitual e a construção de novas zonas do mesmo, para cada tema em estudo (Mortimer, 1996).

Partindo de um levantamento dos tópicos habitualmente tratados nas disciplinas de Física, Química, História, Geografia e Biologia para o segundo ano do ensino médio, trabalhamos uma seqüência didática para abordar em sala de aula o tema energia. Dessa forma, nosso problema de pesquisa constituiu-se na busca por estratégias de ensino que visassem a uma aprendizagem significativa desse conceito, associado aos de trabalho e calor, e no estudo da evolução conceitual dos estudantes decorrente desta abordagem. Formulamos e aplicamos um questionário inicial (pré-teste, Anexo 1), com o intuito de levantar as concepções dos estudantes acerca dos conceitos a serem trabalhados e de direcionar a escolha dos procedimentos metodológicos da intervenção. Finalizando o processo, aplicamos um outro questionário, designado por pós-teste (Anexo 2), composto de questões extraídas, em sua maioria, do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) dos anos anteriores, imediatamente após os estudantes terem contato formal com conteúdos escolares. As atividades de

intervenção de ensino realizadas neste interstício foram registradas em vídeo e constituem, conjuntamente com os registros escritos pelos estudantes, os dados analisados.

Segundo Carvalho e Gonçalves (2000), episódio de ensino é um recorte de uma aula, naquele momento em que fica evidente a situação que queremos investigar. Pode ser a aprendizagem de um conceito, a situação dos estudantes levantando hipóteses num problema aberto, as falas dos mesmos após uma pergunta desestruturadora. A característica fundamental é que seja um ciclo completo, no processo de interação entre sujeitos, mediado pelo objeto do conhecimento e/ou pelo professor. As análises dos episódios recortados dessas gravações constam dos principais resultados desse trabalho.

Pesquisas que consideram os aspectos energéticos das reações químicas apontam para as dificuldades que os educandos têm em relação à aprendizagem do conceito de energia e seus correlatos (Duit, 1984; Gilbert e Pope, 1986; Ogborn, 1990), ou ainda, dificuldades quanto à aprendizagem de um grande número de conceitos abstratos como calor, energia, temperatura e energia de ligação (Cohen e Ben-Zvi, 1992). Talvez o fato mais significativo encontrado seja que, antes dos estudantes receberem qualquer instrução, a conservação da energia não é vista como necessária por eles (Duit, 1981; Driver e Warrington, 1985). Black e Solomon (1985) assinalam que alguns estudantes reconhecem o princípio da conservação da energia, após a aprendizagem de alguns saberes escolares, mas ainda raciocinam como se a energia pudesse ser consumida ou desaparecer. Driver *et al.* (1994) mostram que há uma confusão que é também conceitual, além da expressão terminológica quando educandos utilizam os termos força, energia e trabalho. Alguns estudos revistos pelos autores evidenciam a utilização dos termos força e energia como sinônimos, inclusive no dicionário da língua portuguesa.

Os autores afirmam que há uma vinculação muito forte quando se analisam as noções de energia, força e movimento (Driver *et al.*, 1994). Sempre prevalece, no educando, a noção de que combustível é energia, muito mais do que a idéia de que combustível contenha, ou seja, uma fonte de energia conforme pudemos ver em nosso trabalho, em consonância com o observado por Barbosa e Borges (2006). Esses autores desenvolveram um ambiente de aprendizagem, identificando e analisando os modelos mentais desenvolvidos pelos estudantes.

Inspirados nesses trabalhos e na perspectiva transdisciplinar, propusemos e testamos uma intervenção de ensino, num estudo exploratório (Godoi, Coimbra e Mascarenhas, 2006), o qual foi realizado com estudantes regulares, junto ao Grupo de Trabalho Interação Universidade e Ensino Médio na rede pública do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. Neste grupo, docentes universitários cooperam com professores de ensino médio, implementando o projeto *Desenvolvimento e Avaliação de uma Pedagogia Universitária Participativa no Ensino Médio*, objetivando favorecer a discussão quanto aos conteúdos programáticos e a metodologia a ser utilizada nas aulas regulares. Os resultados obtidos nos apontaram adaptações necessárias,

em função da clientela diferenciada presente na Educação de Jovens e Adultos.

### **Estratégias para intervenção em sala de aula**

Nossa investigação foi realizada em uma escola pública estadual localizada no município de São Carlos, SP, Brasil. Os estudantes, de ambos os gêneros e faixa etária entre 17 e 54 anos, de baixa renda (a maioria trabalha), totalizaram 28 indivíduos. Na Tabela I, sintetizamos as atividades desenvolvidas e seus objetivos.

Na primeira aula, aplicou-se um questionário, no qual os estudantes expressaram suas idéias sobre energia. Explicamos também os objetivos da atividade. Em seguida, conforme a Tabela I, os estudantes receberam a letra da música *Brejo da Cruz* e ouviram-na acompanhando a letra, suscitando uma discussão multidisciplinar. Questões sobre como se alimentar de luz, a questão da cadeia alimentar (indiretamente através de nossa alimentação que é à base de vegetais e dos animais herbívoros) e da fotossíntese são relacionadas aos conhecimentos trabalhados em Biologia. A música aborda a questão da migração, relacionada aos estudos em Geografia e à questão da colonização do Brasil por pobres e degredados (História). Foi levantada ainda a conformidade do povo. Após a discussão da música, os estudantes consultaram, no dicionário de Língua Portuguesa Aurélio, o significado da palavra energia. Atendendo à solicitação da professora, a maioria expressou suas opiniões sobre o seu significado. Muitos deles (dezenove) a relacionaram com força, em conformidade com o obtido por Barbosa e Borges (2006).

Na segunda atividade, o texto Conservação de Energia, extraído do livro *Física em Seis Lições* (Feynman, 1996) foi lido e comentado. No terceiro encontro, realizamos um experimento utilizando uma pista do brinquedo *Hot Wheels*. Soltávamos carrinhos de uma dada altura e os mesmos se moviam da mesma maneira, independente de suas massas, para a discussão dos tipos de energias envolvidos e das trajetórias dos carrinhos.

Os estudantes fizeram vários comentários, destacando o fato de que não sabiam que havia tanta física em um brinquedo tão simples e em um carro em movimento. Neste mesmo encontro, realizamos o experimento a lata rolante. Um elástico é afixado no interior de uma lata metálica, pelo fundo e tampa. Um peso (por exemplo, uma pilha) é preso ao elástico e a lata é fechada. Quando é colocada no chão, a lata rola de um lado, depois de outro, mostrando a transformação de energia potencial elástica (pelo enrolamento e desenrolamento do elástico) em energia cinética.

Os estudantes tiveram facilidade em determinar os tipos de energias envolvidos no experimento e sua transformação. Na atividade subsequente, para o estudo de termodinâmica, fizemos um levantamento das fontes de energia conhecidas e das transformações térmicas que ocorriam nas mesmas. Trabalhamos o texto Sol como fonte de energia, extraído do livro *Leituras de GREF – Física Térmica*. Comparando a fotossíntese com a respiração animal, os estudantes perceberam que a respiração celular das plantas é um processo semelhante à respiração animal. A fotossíntese é um processo contrário à nossa respiração. A consequência dos dois fenômenos

é saldo de oxigênio liberado. No escuro, não há fotossíntese e a planta só absorve gás carbônico e água.

<b>Aula</b>	<b>Atividades</b>	<b>Objetivos</b>
1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup>	Questionário sobre energia. Significado da palavra energia. Análise da letra da música <i>Brejo da Cruz</i> . Discussão sobre o conceito de energia.	Levantamento das concepções prévias dos estudantes. Expressar, de forma lúdica, crítica e multidisciplinar, as idéias sobre o conceito.
3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup>	Análise participativa do texto "Conservação de Energia", do livro Física em Seis Lições.	Discussão do que é energia e identificação das características gerais das formas de energia.
5 <sup>a</sup> e 6 <sup>a</sup>	Exibição do vídeo "Física no Trânsito", da série Fiat na Escola. Realização do experimento "Lata Rolante". Resolução de situações-problema envolvendo a aplicação dos temas estudados.	Abordagem das transformações de energia potencial (gravitacional e elástica) em energia cinética. Identificação e análise dos tipos de energia mecânica.
7 <sup>a</sup> e 8 <sup>a</sup>	Levantamento e Classificação de Fontes e Trocas de Calor. Análise do texto "O Sol fonte da vida", extraído do livro Leituras de GREF – Física Térmica.	Discussão de quais são as fontes de calor, e sobre a ocorrência das transformações térmicas. Fotossíntese e a vida animal. Ciclo do carbono.
9 <sup>a</sup> e 10 <sup>a</sup>	Queima de amendoim e de pão para aquecer uma mesma quantidade de água. Análise do texto: "A energia dos alimentos". Construção de uma tabela com as calorias ingeridas e consumidas durante um dia.	Queima de amendoim e pão para observar qual dos dois é mais energético. Energia dos alimentos. Leitura e construção da tabela para efetuar o Balanço Energético.
11 <sup>a</sup> e 12 <sup>a</sup>	Análise crítica do texto "Aquecimento e clima", extraído do livro Leituras de GREF – Física Térmica. Experimento para a comparação entre o calor específico da água e da areia. Análise da energia dos combustíveis e poluição.	Aquecimento da Terra e do Fenômeno <i>El Niño</i> . Discussão sobre trocas de calor, capacidade térmica e calor cedido igual a calor recebido. Exercícios sobre calor específico e capacidade térmica.
13 <sup>a</sup> e 14 <sup>a</sup>	Texto "A todo vapor" extraído do livro Leituras de GREF – Física Térmica.	Discussão de Transformação de Energia em uma Turbina a Vapor. Primeira Lei da Termodinâmica. Funcionamento de uma Usina Termonuclear. Exercícios.
15 <sup>a</sup> e 16 <sup>a</sup>	Texto <i>Energia Nuclear</i> , extraído do livro de Oliveira.	Discussão de tipos de radiação, fusão e fissão nuclear, usinas nucleares, o Sol, efeitos da radiação e medicina nuclear.
17 <sup>a</sup>	Avaliação: pós-teste	

Tabela 1.- Distribuição das atividades e seus respectivos objetivos.

Utilizando tabelas da quantidade de energia de referência dos alimentos, os estudantes tabularam o consumo realizando atividades diárias, e o gasto diário de energia, calculando o balanço energético. Realizaram, também, um experimento de queima de um grão de amendoim e pedaço de pão,

aquecendo a 20 ml de água cada um. Pode ser observado que o amendoim aquece mais a água que o pão, sendo, portanto, mais energético e, também, melhor como combustível.

No encontro seguinte, trabalhamos os fatores que influenciavam o aquecimento do planeta, como inclinação do eixo da Terra, altitude. Com o experimento de aquecimento de água e areia pelo Sol, introduzimos o conceito de calor específico, discutindo o fenômeno *El Niño*, o derretimento de geleiras e as mudanças climáticas que estão ocorrendo na Terra em virtude da grande emissão de gás carbônico, abordando, assim, o ciclo do carbono. A noção de capacidade térmica e sua proporcionalidade com a massa foram introduzidas com a comparação do gasto de gás de cozinha para cozinhar para quatro pessoas em relação ao mesmo para duas. Os estudantes resolveram exercícios em grupo, abordando os conceitos de calor específico e capacidade térmica.

No penúltimo encontro, analisamos a letra da música *A Rosa de Hiroshima*, de Vinicius de Moraes, para sensibilizar os estudantes para o estudo da radioatividade. Foram discutidos os tipos de radiações, utilização da radiação (Raios-X, a tomografia e o ultra-som) no organismo e na medicina, o que chamou bastante a atenção. O funcionamento de uma usina nuclear e a utilização do urânio como combustível nesta usina, o problema de armazenamento dos resíduos que essas produzem, também causou interesse e questionamentos por parte dos estudantes. Comentado o acidente com o Césio-137 acontecido em 1987, em Goiânia, GO, Brasil, alguns estudantes até recordaram as manchetes dos jornais da época.

Finalizamos com a realização de uma avaliação (pós-teste, Anexo 2), com questões constantes em provas do Exame Nacional do Ensino Médio de anos anteriores, sobre o assunto energia. Mesmo a correção desta avaliação (com o conjunto dos participantes) figurou uma atividade de aprendizagem e retomada dos conteúdos. Na seqüência, apresentamos alguns episódios de ensino, recortados das gravações das aulas, nos quais relatamos a condução das atividades descritas.

### **Análise dos resultados obtidos: situações vivenciadas**

Inicialmente, relatamos as manifestações dos estudantes no primeiro encontro, na atividade que objetivou promover a problematização inicial e levantar as concepções dos estudantes. Um aspecto evidente, tanto nas respostas ao pré-teste (Anexo 1), quanto na discussão da música, foi que a maioria dos estudantes não discriminava o conceito de energia de suas formas. Essa situação é ilustrada no Episódio 1.

Episódio 1 – Discussão da Música *Brejo da Cruz*

12/09/2006 – 19h00min às 20h30min

P: Bem vamos falar de energia. Vocês falaram para mim que é impossível se alimentar de luz.

A1: Deu pra entender que é luz natural, é isso que ele está dizendo.

P: Mas porque a gente necessita da luz natural, aonde ela entra nessa história? Na história de energia?

A3: Vamos dizer assim, a planta dentro de casa precisa do Sol, ela precisa de uma energia para ela crescer.

A5: Tinha uma planta na garagem de casa, ela subiu na parede até encontrar o Sol, quando ela encontrou o Sol parou de subir, e se espalhou. Ela encontrou o Sol e parou de crescer, ela parou.

P: O Sol é importante para sobrevivência das plantas e da gente também?

A1: A própria planta não vive só da luz, ela precisa de mais, ela precisa de água e alimentos.

P: A gente precisa de luz e do que mais A5?

A5: Do calor da luz.

P: Que bagunça é essa? Luz é energia, calor é energia?

A1: Ela precisa do calor da luz.

A7: A água precisa do calor do Sol para depois evaporar e chover.

A3: O Sol aquece a água e ela como vapor, forma as nuvens para depois chover. A gente precisa do Sol para isso, o calor é energia.

P: Então vamos lá, calor é energia, luz é energia, o que mais é energia?

A6: Alimento é energia, combustível é energia.

A1: Até o vento a gente aproveita como energia.

A2: Energia solar.

Podemos identificar na fala dos estudantes, nesse episódio, que não existe uma compreensão anterior do calor como forma de energia e nem como radiação, explicitada, entre outras, na afirmação de A1 *Ela precisa do calor da luz*. Para A1, o calor seria como uma propriedade da luz. Identificam, também, o Sol como fonte de calor, e esse calor como essencial para o ciclo da água. Relacionando ao ciclo da água é que A3 formula *calor é energia*. Todo episódio evidencia uma confusão entre o conceito de energia e suas formas, como anteriormente mencionado e antecipado na literatura (Barbosa e Borges, 2006). A professora utiliza essa associação para explicitar outras formas de energia conhecidas pelos estudantes, no caso a química, a eólica e a solar. A energia química advinda da combustão é mais bem explorada no Episódio 2, na seqüência.

Episódio 2 – Queima da Gasolina. 12/09/2006 – 19h00min às 20h30min

P: E aí pessoal quem acha que a gasolina é uma forma de energia?

A1: É.

P: De que maneira? Se eu por gasolina lá dentro, já faz girar o motor?

A16: Tem que ter uma explosão.

P: O que você quis dizer com uma explosão? Explica pra nós, eu não entendi.

A16: Tem que ter gasolina em alta compressão, joga uma faísca e tem uma combustão.

P: O que é combustão?

A5: É a queima do combustível que faz o motor funcionar.

A3: Queima de energia.

A1: Queima o combustível, e faz o motor funcionar e vai soltar no escapamento o combustível queimado.

P: O combustível? Para fazer a combustão precisa do que? Reagem com que?

A4: Com o ar.

P: O que ele precisa do ar para realizar a combustão?

A2: Da água.

P: Piorou. (Risos...)

A5: Do oxigênio.

P: Dessa queima é liberado o que?

A6: Libera gás carbônico que é poluente.

P: Pegamos o combustível, aumentamos a pressão, jogamos a fagulha e fizemos a combustão. Falamos da gasolina, mas que é a energia?



A5: Eu acho que a bateria que vai fazer girar o motor.

P: A bateria só serve para fazer a fagulha. Na verdade, o que é a energia nesse caso?

A6: A energia nesse caso é a queima do combustível que faz girar o motor.

P: Vocês viram voltamos a energia do movimento outra vez.

Com a pergunta da professora, os estudantes iniciam a argumentação acreditando que o combustível em si já é a energia, como na fala de A3 *Queima de energia*. No decorrer da discussão, A16 consegue explicar o funcionamento do motor e A5 aponta importância do oxigênio para que a combustão aconteça, evidenciando que esse tipo de energia química se transforma em energia de movimento. Destaca-se, também, a colocação de A6 *Libera gás carbônico que é poluente*, em clara associação com as causas ecológicas do efeito estufa, as quais seriam abordadas em uma aula posterior sobre o Aquecimento do Clima, quando seria estudado o ciclo do carbono, conforme descrito na Tabela 1.

Num dos encontros subsequentes (sétima e oitava aula), os estudantes organizaram uma tabela contabilizando seu consumo energético diário, a partir de valores de referência fornecidos pela professora. Na Tabela 2, ilustramos os resultados de um deles, A17, do sexo masculino, 38 anos, lavador de carros.

Podemos observar um equilíbrio, em média, entre o provimento e o consumo de energia. De fato, o estudante em questão não apresenta obesidade e exercita-se frequentemente. Ainda sobre energia química e, para elucidar o conceito de calor como forma de energia, foi realizado um experimento demonstrativo para determinar o valor energético dos alimentos. Esse experimento serviu como complementação da atividade anterior, para melhor entendimento do balanço energético, e exemplo dos procedimentos para o cálculo da quantidade de energia de determinado alimento. A discussão apresentada no recorte da seqüência, no designado terceiro episódio, ocorreu imediatamente após a mesma.

REFEIÇÃO	ENERGIA CONSUMIDA (kcal)	ATIVIDADES (tempo horas)	ENERGIA GASTA (kcal)
Café da manhã: a) 4 pães b) 1 copo de leite c) 1 colher de margarina	538 126 100	Manhã: Caminhar 2 h Trabalhar 3 h	456 540
Almoço: a) 5 colheres de feijão b) 15 colheres de arroz c) 2 bifés	137 885 292	Tarde: Caminhar 2 h Ficar sentado 1 h Trabalhar 4 h	456 108 720
Jantar: a) 9 colheres de arroz b) 2 batatas c) 1 bife	501 274 146	Noite: Caminhar 1 h Ficar sentado 1 h	228 108
Lanche da noite: a) 2 pães b) 1 copo de leite	269 126	Estudar 4 h Dormir 6 h	720 468
Total	3531	Total	3576

Tabela 2.- Tabela de energia consumida e gasta, para realização do balanço energético.

Episódio 3: Queima do amendoim e do pão. 10/10/2006 – 19h00min às 20h30min

P: A gente viu que o amendoim é mais energético que o pão?

A5: Vou esquentar a marmita com o amendoim.

P: Vimos que tínhamos vinte gramas de água a uma temperatura de vinte e dois graus Celsius, e conseguimos queimando um grão de amendoim, elevar a temperatura da água para oitenta graus Celsius. Quanto foi o aumento de temperatura dessa água? Aprendemos que uma caloria é definida como a quantidade de calor para elevar um grama de água no estado líquido de um grau Celsius. Para cada grama, eu aumento um grau Celsius, mas não tinha um grama, tinha vinte gramas, e elevei cinquenta e oito graus Celsius, vinte gramas de água, quantas calorias tinha esse amendoim?

A5: Trinta e duas calorias.

A6: Trinta calorias.

A7: Vinte e nove calorias.

P: Espera aí, não vale chutar, vamos fazer mais fácil, se fosse somente dez gramas de água, iria aumentar, diminuir ou permanecer constante a temperatura?

A8: Aumentar.

P: Vamos ver, temos três variáveis: energia, temperatura e massa.

Esse episódio destaca a importância de uma perspectiva transdisciplinar na interpretação do significado da generalização representada por uma equação. Inicialmente, os estudantes arriscam um resultado, mas, alertados pela professora, percebem que a resposta pode ser obtida mediante substituição dos valores na fórmula e por raciocínio proporcional. Destaca-se, mais uma vez, a adequação de um tratamento matemático para a compreensão dos conceitos trabalhados. No quarto episódio, os estudantes evidenciam situações em que reações químicas liberam calor e possibilitam um aprofundamento de energia química adquirida das reações.

Episódio 4: Reações químicas que liberam calor. 19/09/2006 – 19h00min às 20h30min

P: Quem conhece uma reação química que esquenta? A A6, que é cabeleireira, quer falar.

A6: Quando misturo uma coloração com água oxigenada, ela esquenta.

A7: Quando jogo Diabo Verde (desentupidor de pia) também esquenta.

A8: Sabão em pó Omo com água de lavadeira, também esquenta.

P: Isso mesmo, chega a machucar a mão.

A9: O cloro.

P: O cloro aonde?

A9: Quando joga no chão molhado ele aquece.

A10: Eu trabalho de limpar piscina, tem uns produtos que temos que observar o pH, que tem que deixar a água sempre sete, que também fervem.

P: Por que, o pH tem que ser sete?

A9: Porque o pH sete é que a água está neutra, se for menor que sete a água esta ácida, se for maior que sete é básica.

A10 e A9 associam o conceito de potencial hidrogeniônico (pH) à acidez ou não da solução diluída. Mas, a própria reação de diluição de algumas substâncias (as básicas, por exemplo) libera calor, e esse calor é revelado no aquecimento mencionado. Fica evidente, também, a presença constante de fenômenos químicos no mundo do trabalho.

A relação entre conceitos mais desejada consiste, para esse estudo, na associação entre energia e trabalho. O quinto episódio relata uma

discussão, após a leitura de um dos capítulos do livro *Física em Seis Lições*, que reforçou essa associação.

Episódio 5 – Relacionando trabalho e energia

19/09/2006 – 19h00min às 20h30min

P: Como relaciono energia com trabalho? O que é trabalho? O que tem a energia a ver com o trabalho?

A5: Energia é força.

A1: Quando trabalho gasto energia.

P: Quando a gente fala de trabalho, como a gente pode estar relacionando energia com trabalho?

A1: De diversas formas.

P: Por exemplo.

A2: Gasta energia, usa energia elétrica.

P: Espera aí, quando você usa energia elétrica, onde ela está relacionada com trabalho?

A3: Quando usa para iluminar um lugar está gastando energia.

P: Pessoal trabalho em física é um pouco diferente do que vocês falaram. Se eu pegar essa bolsa que está aqui nessa carteira e colocar na cadeira, eu realizei trabalho?

Os estudantes afirmam que sim.

P: E agora se eu pegar a bolsa que coloquei na cadeira e colocar na carteira de novo, eu realizei trabalho?

A15: Não, pois está no mesmo lugar.

P: Para realizar trabalho em física é necessário que haja deslocamento.

Conforme aponta Solomon (1992), o conceito de energia está sempre associado a palavras como força (afirmação de A5), resistência, vigor (fala de A1), potência, vida (cheio de), eletricidade (colocação de A2), movimento, esforço, alimento, saúde (boa forma física) e respiração. A manifestação dos estudantes denuncia a fragmentação de sua escolarização prévia, a qual aborda sistemas físicos, químicos e biológicos, que não deveriam ser distinguidos através dessas disciplinas. Segundo Barbosa e Borges (2006), por ser aplicável a todos esses sistemas, o conceito de energia não é empregado de forma consistente nas várias disciplinas escolares. A professora direciona, com maestria, a discussão para o trabalho segundo sua definição física (essa definição seria explicitada, posteriormente, pelos estudantes no pós-teste), utilizando elementos da maiêutica para convergir às conclusões.

Ainda desmistificando a relação entre força e energia, o sexto episódio aborda a denominação da companhia fornecedora de energia, a qual ocorreu após a análise do funcionamento das usinas hidrelétricas.

Episódio 6 – Companhia Paulista de Força e Luz. 19/09/2006 – 19h00min às 20h30min

P: O que é CPFL?

A3: Companhia Paulista de Força e Luz.

P: Ah! Porque será que chama Companhia Paulista de força e Luz se é companhia de fornecimento de energia? Que historia é essa? Será que a força tem alguma coisa com energia?

A1: Não, força fornecida pras casas que aproveita como energia, luz, motor de geladeira, microondas.

P: Espera aí, retomando, a força é fornecida? A hidroelétrica fornece força ou fornece energia?

A1: Professora a coisa tá difícil, pega uma receita de cozinha francesa que a gente faz agora e sem panela.

Risos...

P: Será que força tem alguma coisa a ver com energia?

A12: Tem, a força dá energia.

P: Vamos tentar relacionar os dois, quando a gente fala em força, o que vocês lembram?

A3: Para fazer força precisa dar energia.

P: Vamos tentar relacionar os dois, quando a gente fala em força, o que vocês lembram?

A3: Para fazer força precisa ter energia.

A4: força gera energia. A energia elétrica não vem da força das águas?

Comentários entre os alunos...

P: Pessoal escuta o que ela está falando, fala A4.

A4: Não é? A energia elétrica não vem da força das águas, elas caem nas turbinas, fazendo-as girar e gerar energia.

P: O que vocês acham? Fala A5, dê sua opinião.

A5: Trabalhar, pegar um peso gasta energia.

P: E aí, vocês gastam energia?

A2: Eu peguei um saco de cimento e levei da área, subi a escada com o saco, fiz força e gastei energia.

P: Vocês estão vendo que A2 está falando, que fez força para carregar os sacos de cimento, e ela gastou energia. Então vocês acham que força tem alguma coisa com energia?

A7: Eu acho que sim.

P: E se fizer força e não sair do lugar?

A1: Ler gasta energia.

A3: Falar gasta energia.

A4: Fazer força gasta energia.

Neste episódio, utilizamos a sigla CPFL, para iniciar a discussão da relação entre força e energia. Alguns estudantes defendem a necessidade da força para se obter energia, A2, por exemplo, quando salienta a força para carregar o saco de cimento, e A4: *força gera energia*. A professora prima pela manutenção e aprofundamento do debate, repetindo as colocações dos estudantes em forma de pergunta. Se eximindo de dar a resposta certa, crença tão arraigada na prática pedagógica tradicional, seus questionamentos possibilitaram que os próprios estudantes associassem os conceitos com as discussões das formas de energia e do funcionamento da hidrelétrica anteriores. Essas associações seriam posteriormente explicitadas, na resolução das questões do pós-teste.

O último episódio retoma a questão transdisciplinar, abordando aspectos de ecologia e geografia física referentes ao aquecimento global, analisando transmissão de calor e convecção. A discussão ocorreu após a realização de um experimento no qual latas, uma com areia e outra com água, foram colocadas no sol.

Episódio 7 – Aquecimento do Clima. 17/10/2006 – 19h00min às 20h30min

P: Você está falando que a areia aquece mais que a água? Como é a brisa mesmo, A2?

A2: De dia ela sopra pra terra, a noite da terra pro mar.

A19: Quando vou na piscina (sic), de dia a areia perto da piscina tá super quente, não dá nem pra por o pé, e água tá super gelada.

A2: A noite a areia fica fria e água fica quente.

P: Por que acontece isso?

A7: Por causa do sereno.

P: Como do sereno, A7?

A7: Tem a umidade da terra, com o calor vira vapor.

Conversas paralelas...

P: Pessoal, espera aí que o A7 vai explicar o que é o sereno, fala A7.

A7: A umidade da noite sobe aquele vapor, e de manhã cedo retorna como sereno.

P: O que vocês acham?

A10: De manhã a gente vê aquelas gotinhas nas plantas, de noite sobe aquele vapor quente e volta frio.

P: Por que caiu?

A13: Porque tudo que sobe cai.

Risos...

A15: Porque sobe aquele vapor, depois esfria e cai, quando a temperatura cai.

A10: Resfria como ar e volta como água.

A9: Gasoso para líquido.

A10: Sobe vapor, gasoso e volta água líquida.

P: Vocês falaram a mesma coisa?

A11: Sim, só que de maneira diferente.

P: Vamos ver porque isso acontece.

Novamente, percepções do cotidiano estão presentes na discussão, observações de fenômenos como o sereno, de calor durante o dia e frio a noite (da terra), e o contrário, que acontece com a água. Retomados os estados físicos da água e o ciclo da água, conforme o Episódio 1. Podemos notar que a argumentação dos estudantes apresenta uma melhora qualitativa e que a participação aumentou. Além disso, as falas dos estudantes evidenciam uma maior atenção em relação aos fenômenos e sua relação com os conteúdos escolares.

O registro das percepções finais dos estudantes foi implementado pela aplicação do pós-teste (Anexo 2). A primeira questão, de natureza metacognitiva, evidenciou a atual conceituação de energia. Um número significativo de estudantes (vinte e seis) diferenciou adequadamente energia de suas formas, explicitando sua definição operacional. Na segunda questão, esses estudantes estabeleceriam relações entre as formas de energia e as atividades realizadas em sala, ressaltando o experimento da queima do amendoim e do funcionamento de uma usina termoeletrica.

Na terceira questão, extraído do Exame Nacional do Ensino Médio de 1998, pudemos constatar a identificação do funcionamento da usina hidrelétrica, uma vez que todos os estudantes assinalaram ou a alternativa *a* ou a alternativa *b*. No entanto, dezenove deles apresentaram uma confusão com a termoeletrica, pela incidência da alternativa *a*.

A grande maioria associou corretamente o ciclo da usina nuclear na quinta questão, avaliando criticamente o seu funcionamento nas sexta e sétima questões. Esse resultado do pós-teste pode ser consequência dos debates inflamados da aula anterior, no qual praticamente todos os participantes se manifestaram. Particularmente na sétima questão, três estudantes assinalaram a alternativa *e*, explicitando uma confusão em relação aos conteúdos abordados nas décima quinta e décima sexta aulas. A quarta questão, abordando o fenômeno da brisa marítima, a maioria (vinte e três) respondeu a alternativa *c*, em concordância com as discussões

realizadas durante o estudo dirigido do texto nas décima primeira e décima segunda aulas.

A escolha das questões do Exame Nacional do Ensino Médio deveu-se à concepção filosófica ampla que subsidia a formulação do mesmo, cujo âmago é constituído pelos conceitos de interdisciplinaridade e contextualização. Isoladamente, cada disciplina expressa relativamente pouco; no corpo sintético de ordenações e proposições relativas, adotado nesse trabalho, o tratamento dos temas expressa, seguramente, muito mais, se comparado às abordagens fragmentadas usuais. Ainda que esse fato pareça consensual, a interdependência disciplina/sistema sugere a necessidade de uma exploração diferenciada e adequada à clientela.

### **Conclusões**

O saber funcional, socialmente elaborado e partilhado, alimentado não unicamente das teorias científicas, mas de ideologias formalizadas e vertentes culturais, adveio, ao longo de toda essa intervenção, de uma relação dialógica professor-aluno, cuja adequação ao contexto da Educação de Jovens e Adultos parece a mais acertada. Na medida em que esse tipo de metodologia se relaciona com os objetivos e os princípios do ensino de Física em nível médio, é expressa na apreensão do conhecimento dos fenômenos e conceitos, procedimentos e atitudes, tendência preconizada nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1999).

Nosso trabalho, consistindo de atividades curriculares do ano letivo regular, e não de inserções pontuais por indivíduos alheios e com interesses adversos à realidade escolar, privilegiou a elaboração do conhecimento atitudinal por parte dos estudantes, como a:

- a) capacidade de investigação experimental e da perseverança na busca de explicações para as situações propostas, formulando e testando hipóteses;
- b) comparação de diferentes métodos e processos na resolução de um problema, identificando semelhanças e diferenças e justificando-os;
- c) utilização de diferentes representações (gráfica, matemática, tabelas) que se adaptem com maior funcionalidade a cada situação-problema, na elaboração de estratégias de resolução e na sua validação;
- d) análise informações e opiniões, à luz dos conceitos científicos e
- e) valorização do uso de recursos tecnológicos sem a anulação do esforço interpretativo.

A noção de perfil conceitual oportuniza a construção de zonas do conceito, cada qual fazendo sentido em seu contexto apropriado. A abordagem mecânica e utilitária do conhecimento, geralmente ainda veiculada em um número significativo de escolas, inviabiliza a contextualização e, a aprendizagem, quando ocorre, figura isoladamente na resposta de um problema particular, de interesse apenas para especialistas. Não privilegiamos delinear os perfis de cada estudante, ou caracterizar suas zonas, uma vez que a literatura aponta claramente formas de estabelecê-lo.

A opção da professora de manter o diálogo, eximindo-se de oferecer prontamente as respostas, foi um ponto perseguido arduamente e privilegiado ao longo do trabalho, uma vez que, sempre oferecer prontamente as respostas ditas corretas, parece ser uma pré-concepção arraigada na prática docente.

O alcance e os limites da metodologia e da linguagem, permeando todo o processo de ensino-aprendizagem ora implementado, norteou o constante repensar das atividades e das dinâmicas, enriquecendo a troca e a sistematização do conhecimento pelos participantes e edificando nesses educandos valores formativos, instrumentais e científicos.

### **Agradecimentos**

Agradecemos à equipe do Instituto de Estudos Avançados pelo precioso auxílio na produção de materiais, e às Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial (FIPAI) pelo apoio financeiro.

### **Referências bibliográficas**

Axt, R. e V.M. Alves (1994). *Física para Secundaristas – Fenômenos Mecânicos e Térmicos*. Porto Alegre: UFRGS.

Barbosa, J.P.V. e A.T. Borges (2006). O Entendimento dos Estudantes sobre Energia no Início do Ensino Médio. *Caderno Brasileiro do Ensino de Física*, 23, 2, 182-217.

Black, P. e J. Solomon (1985). Life world and science world pupils ideas about energy. En: Hodgson, B.; Scanlon, E. (Eds.). *Approaching primary science* (pp. 249-254). Hooper education series. Milton Keynes: Open University Press.

Carvalho, A.M.P. e M.E.R. Gonçalves (2000). Formação continuada de professores: o vídeo como tecnologia facilitadora da reflexão. *Cadernos de Pesquisa* 111, 71-94.

Cohen, I. e R. Ben-Zvi (1992). Improving student achievement in the topic of chemical energy by implemeting new learning materials and strategies. *International Journal of Science Education* 14, 147-156.

Driver, R. e L. Warrington (1985). Students uses of principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education* 20, 4, 171-176.

Driver, R. *et al.* (1994). *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. New York: Routledge.

Duit, R. (1981). Understanding energy as a conserved quantity. *European Journal of Science Education* 3, 291-301.

Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school – empirical results from the Philippines and West Germany. *Physics Education* 19, 59-66.

Feynman, R.P. (1999) *Física em Seis Lições*. Rio de Janeiro: Ediouro.

Gilbert, J. e M. Pope (1986). Small Group Discussions about Conceptions in Science: A Case Study. *Research in Science and Technological Education* 4, 61-76.

Godoi, N., Coimbra, D. e Y.P. Mascarenhas (2006). Estudo Exploratório de uma Abordagem Interdisciplinar para o Conceito de Energia. *X Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, Londrina. Disponível em [www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/x/sys/resumos/t0087-1.pdf](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/x/sys/resumos/t0087-1.pdf)

GRAF (1999) *Física 2: Física Térmica e Óptica*, 5ª ed. São Paulo: EDUSP.

GRAF (2001) *Leituras em Física – óptica*. Disponível em <http://axpfep1.if.usp.br/~gref/optica.htm>

Mortimer, E.F. (1996) *Evolução do Atomismo em Sala de Aula: Mudança de Perfis Conceituais*. Tese de Doutorado, São Paulo.

Mortimer, E.F. e E.M.R. Amaral (2001). Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* 1, 3, 5-18.

Ogborn, J. (1990). Energy, change, difference and danger. *School Science Review* 72, 81-85.

Oliveira, I.S. (2005). *Física Moderna para iniciados, interessados e aficionados*. Vol. 1 e 2. São Paulo: Editora Livraria da Física.

PCNEM. (1999) Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Brasília.

Rocha Filho, J.B., Basso, N.R.S. e R.M.R. Borges (2006) Repensando uma proposta interdisciplinar sobre ciência e realidade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 5, 2, 323-336.

Tundisi, H.S.F. (2000) *Usos de energia, sistemas e fontes alternativas: do fogo aos gradientes de temperaturas oceânicas*. 12ª ed. São Paulo: Saraiva.

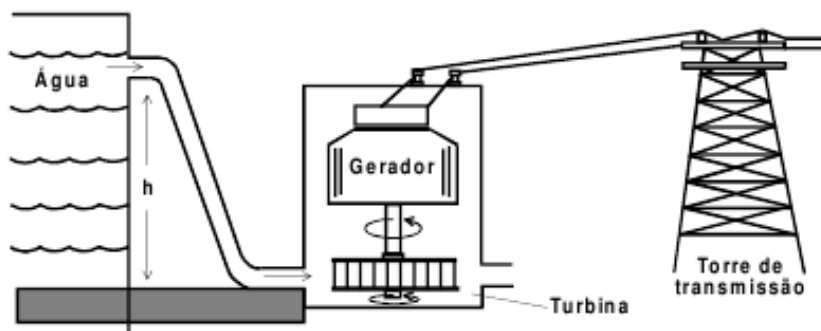


### Anexo 1.- Pré-teste

1. Na sua opinião, o que é energia?
2. Das coisas a sua volta, quais, em sua opinião, estão mais diretamente relacionados com a energia?
3. Diga quais conceitos físicos (dos que você conhece) estão relacionados com o de energia?
4. No Brasil o governo adotou o horário de verão para economizar energia, qual o consumo mensal de sua energia elétrica? Se lembrar somente o valor em real saiba que cada kWh é trinta e cinco centavos.
5. Água que o Sol evapora/ Pro céu vai embora/ Virar nuvem de algodão
6. Este trecho foi retirado da música "Planeta Água", de Guilherme Arantes. Pensando em energia, como você explica esse fenômeno.
7. Nescau, energia que dá gosto, um copo de leite com Nescau nós fornece 200 Kcal, que é suficiente para meia hora de um esporte de resistência, como a corrida. Com suas palavras, diga o que você entendeu desse texto retirado da embalagem de uma lata de Nescau.
8. Um carro flex, para percorrer 10 Km, gasta 1 litro de gasolina ou 1,7 litros de álcool, porque gastamos mais álcool do que gasolina? Você já pensou que para as plantas crescerem é necessário que elas recebam luz do Sol. Explique como.

### Anexo 2.- Pós-teste

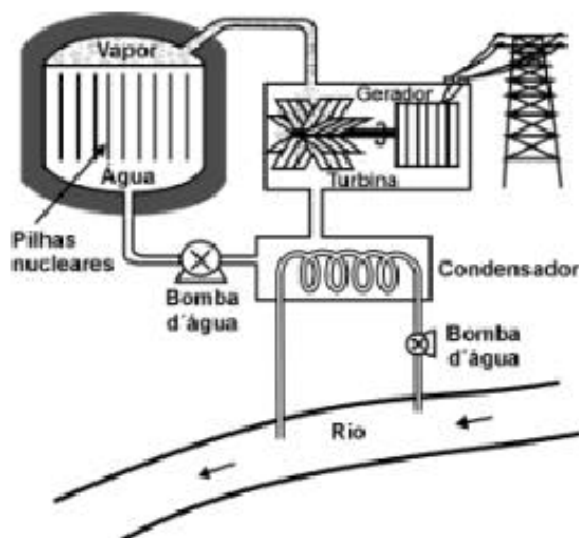
9. Após nosso estudo sobre energia, qual a definição você daria para energia?
10. Das formas de energia que estudamos, qual lhe chamou mais atenção? Escreva um pouco sobre ela.
11. (ENEM 98) Na figura a seguir está esquematizado um tipo de usina



utilizada na geração de eletricidade.

- Analisando o esquema, é possível identificar que se trata de uma usina:
- a) hidrelétrica, porque a água corrente baixa a temperatura da turbina.
  - b) hidrelétrica, porque a usina faz uso da energia cinética da água.
  - c) termelétrica, porque no movimento das turbinas ocorre aquecimento.
  - d) eólica, porque a turbina é movida pelo movimento da água.
  - e) nuclear, porque a energia é obtida do núcleo das moléculas de água.

12. (ENEM 2000) A energia térmica liberada em processos de fissão nuclear pode ser utilizada na geração de vapor para produzir energia mecânica que, por sua vez, será convertida em energia elétrica. Abaixo está representado um esquema básico de uma usina de energia nuclear.



A partir do esquema são feitas as seguintes afirmações:

I. a energia liberada na reação é usada para ferver a água que, como vapor a alta pressão, aciona a turbina.

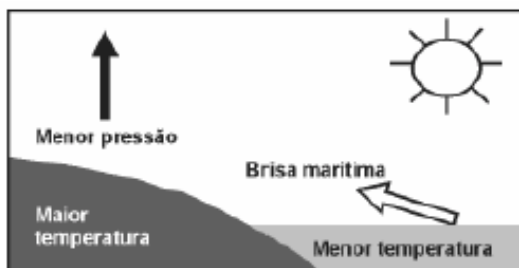
II. a turbina, que adquire uma energia cinética de rotação, é acoplada mecanicamente ao gerador para produção de energia elétrica.

III. a água depois de passar pela turbina é pré-aquecida no condensador e bombeada de volta ao reator.

Dentre as afirmações acima, somente está(ão) correta(s):

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

13. (ENEM 2002) Numa área de praia, a brisa marítima é uma consequência da diferença no tempo de aquecimento do solo e da água, apesar de ambos estarem submetidos às mesmas condições de irradiação solar. No local (solo) que se aquece mais rapidamente, o ar fica mais quente e sobe, deixando uma área de baixa pressão, provocando o deslocamento do ar da superfície que está mais fria (mar).

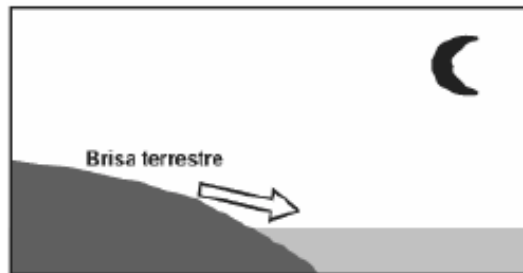


À noite, ocorre um processo inverso ao que se verifica durante o dia.

Como a água leva mais tempo para esquentar (de dia), mas também leva mais tempo para esfriar (à noite), o fenômeno noturno (brisa terrestre) pode ser explicado da seguinte maneira:

a) O ar que está sobre a água se aquece mais; ao subir, deixa uma área de baixa pressão, causando um deslocamento de ar do continente para o mar.

b) O ar mais quente desce e se desloca do continente para a água, a qual não conseguiu reter calor durante o dia.



c) O ar que está sobre o mar se esfria e dissolve-se na água; forma-se, assim, um centro de baixa pressão, que atrai o ar quente do continente.

d) O ar que está sobre a água se esfria, criando um centro de alta pressão que atrai massas de ar continental.

e) O ar sobre o solo, mais quente, é deslocado para o mar, equilibrando a baixa temperatura do ar que está sobre o mar.

6. (ENEM 2004) O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:

I. Uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como "combustível", não é queimado mas sofre fissão.

II. Ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos.

A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que

a) o primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes com usinas nucleares.

b) o segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.

c) o segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz gases do efeito estufa.

d) ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.

e) ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está-se tornando uma necessidade inquestionável.

7. (ENEM 2005) Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado "lixo atômico". Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A

complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de

a) emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.

b) acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim, locais para reunir tanto material.

c) ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.

d) exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.

e) emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.