



O CONCEITO DE ENERGIA NAS PROVAS DE CIÊNCIAS NATURAIS E SUAS TECNOLOGIAS DO ENEM.

Robson Raabi do Nascimento (1)

Mestrando do programa de pós-graduação em ensino de ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, robsonraabi@gmail.com

Resumo: Energia é um conceito muito importante no ensino de ciência. Neste trabalho buscou-se analisar como este conceito é tratado nas provas de ciências naturais e suas tecnologias do ENEM. Utilizando como referência teórica o trabalho de Doménech, Limiñana e Menargues em suas indicações sobre o que deve estar presente no ensino do conceito de energia para que haja um bom aprendizado. Para a análise do material utilizamos uma metodologia quali-quantitativa no quadro teórico da Análise Estatística Implicativa, tendo como ferramenta o uso do software CHIC. Como resultados, encontramos relações implicativas sobre a conservação da energia e o caráter sistêmico da energia, além das transformações da natureza e da relação da energia, calor e trabalho. Nas provas do ENEM vemos que o conceito de energia é utilizado como plano de fundo para outros conceitos, pouco utilizam o caráter interdisciplinar do conceito.

Palavras-chave: Energia, Ensino de Ciências, ENEM, Análise Estatística Implicativa.

Introdução:

Dentro dos muitos conceitos científicos que podemos encontrar na física encontramos o conceito de energia de uma forma especial. O conceito de energia é um conceito que transcende a disciplina Física e perpassa por outras ciências, tais como a Química e a Biologia, sendo um conceito que permite o trabalho interdisciplinar com facilidade.

Como a abordagem interdisciplinar é indicado pelos parâmetros curriculares nacionais (PCN) como alternativa a forma tradicional de ensino de física. Deve-se buscar um ensino de física que favoreça o desenvolvimento de competências e habilidades, fazer os estudantes aprender a aprender (BRASIL, 1999).

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é um exame anual que é organizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira (INEP) aplicado a estudantes concluintes ou que já concluíram o ensino médio em todo o território nacional (FERNANDES, 2011).

O ENEM foi criado em 1998 servindo ao diagnóstico do estado da educação nacional de forma a servir de parâmetros guias as políticas públicas (INEP, 2015). Em 2009 o exame sofreu uma reformulação, e passou-se a ser chamado de novo ENEM. A prova até 2008 era produzida com 64 perguntas distribuídas de forma aleatória em relação os conteúdos disciplinares. Com a reformulação a prova passou a conter 180 perguntas, sendo 45 de cada seção (Ciências humanas e suas tecnologias, ciências da natureza e suas tecnologias, linguagens e suas tecnologias e matemática e suas tecnologias). A partir de 2009 as notas do ENEM começaram a ser usadas na



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

seleção de estudantes para o acesso ao ensino superior (INEP, 2015). Neste processo de acesso ao ensino superior dado pelo programas do sistema de seleção unificado e outros programas cada instituição de ensino superior tem a autonomia de atribuir os pesos diferentes para o acesso aos cursos (BRASIL, 2016).

Didaticamente, podemos entender o exame como um instrumento de vigilância epistemológica, isto é, um forma de garantir que o que é ensinado no sistema de ensino esteja a uma boa distância do saber científico de referência (CHEVALARD, 1991). O ENEM é uma prova que possibilita a abordagem interdisciplinar e contextualizada (FERNANDES, 2011) e desta forma o conceito de energia deve ocupar uma posição de fácil integração entre as disciplinas das ciências naturais e aparece nas disciplinas das ciências humanas.

Nesta condição é importante que encontremos conceitos que possam ser úteis a uma compreensão básica da natureza, da sociedade e da tecnologia (VILLATORRE, HIGA, TYCHANOWICZ, 2008). Tendo em vista que “o princípio físico da conservação da energia, essencial na interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos” (BRASIL, 1999, p. 9) este deve ser um conceito trabalhado com cuidado para que não haja desenvolvimento de uma concepção alternativa deste conceito.

O conceito de energia é muito abstrato e alguns membros da comunidade científica discutem a natureza da energia. Atualmente a definição de energia mais aceita entre os acadêmicos que a estudam é a que Richard Feynman:

“Há certa quantidade, denominada energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais passa a natureza. Trata-se de uma ideia extremamente abstrata, por ser um princípio matemático; diz que há uma grandeza numérica que não se altera quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou de algo concreto; é apenas um fato estranho de que podemos calcular certo número e, quando terminamos de observar a natureza em suas peripécias e calculamos o número de novo, ele é o mesmo” (FEYNMAN, 2009, p. 91)

Notamos que mesmo sem termos certeza de sua natureza podemos a estudamos por seus efeitos. Podemos ver que para Feynman a energia é importante como um recurso teórico para o estudo das transformações na natureza. As transformações da energia em suas diversas manifestações com a conservação de seu total é uma das principais leis da física.

Na física, o estudo da energia encontra-se na chamada termodinâmica. A termodinâmica tem quatro leis a primeira lei é a chamada lei da conservação da energia, que relaciona as variações da energia interna de um sistema físico ao calor e o trabalho (HALLIDAY, 2009). O calor é uma forma de transporte de energia de um ponto do sistema ao outro por meio de variações térmicas e o trabalho é o transito de energia por meio de aplicação de força no corpo (HALLIDAY, 2009). A



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

segunda lei tratada degradação energética devido a incapacidade da natureza transformar a energia de uma manifestação em outra de forma completa (CHAUÍ-BERLINCK; MARTINS, 2013). A terceira lei (também chamada de lei zero) é a lei do equilíbrio térmico, diz que os sistemas naturais tendem a distribuir sua energia de forma a atingir um equilíbrio energético. E a Quarta lei (chamada de terceira lei) diz que é impossível atingir a temperatura de zero absoluto (zero Kelvin) em um número finito de passos (CHAUÍ-BERLINCK; MARTINS, 2013).

Destas leis, duas primeiras são especialmente importantes para entendermos as transformações energéticas. Por isso alguns pesquisadores em ensino de física indicam não dissociar o ensino da primeira e da segunda lei da termodinâmica (DOMÉNECH; LIMIÑANA; MENARGUES, 2013; BUCUSSI, 2007; SILVA, 2012). Segundo Silva (2012) o ensino da primeira lei da termodinâmica dissociado do ensino da segunda lei da termodinâmica provoca uma compreensão equivocada sobre a energia. A conservação da energia não contradiz a degradação energética, a degradação energética está ligada a incapacidade dos sistemas físicos converterem a energia térmica em outras manifestações energéticas (BUCUSSI, 2007).

É comum que os aprendizes desenvolvam concepções alternativas sobre o conceito de energia, devido a suas práticas cotidianas. Essas concepções alternativas tornam-se barreira ao aprendizado do conceito escolar. Bucussi (2007) aponta a ideia de que a energia está ligada a vida, ou é algumas manifestações específicas dos seres vivos; que confundem a energia com outras grandezas Físicas, tais como força ou corrente elétrica; que a energia está associado ao movimento ou a atividade, se não há movimento não há energia; que a energia é algo concreto, material, muitas vezes fluído, e que a energia é uma características do corpo e não do sistema, são as principais concepções alternativas apresentadas entre os estudantes. Silva (2012) propõem um conjunto semelhante de conceito alternativos apresentando algumas concepções diferentes que os educandos podem apresentar, sendo elas a concepção antropocêntrica, isto é que a energia é um produto humano sendo construído por ele e não existindo na natureza; a concepção funcional da energia, a energia só existe se houver alguma função para ela; a concepção depositária da energia, a energia pode ser depositada num corpo, e a concepção que a energia é a capacidade de realizar trabalho, definição muito comum nos livros do ensino médio de física que ignora a segunda lei da termodinâmica.

Como orientação ao ensino deste conceito, Doménech, Limiñana e Menargues (2013) recomenda que o ensino de energia deve apresentar alguns pontos para que posamos diminuir as possibilidades do estudantes desenvolverem um conhecimento superficial, o desenvolvimento de



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

outras concepções alternativas ou a manutenção das concepções alternativas que já possuem. Segundo os autores o ensino do conceito de energia tem que mostrar que:

a) Transformações naturais - A energia é um conceito particularmente útil quando estudamos as mudanças que ocorrem ao nosso redor. Especificamente, as mudanças experimentadas pelos sistemas.

b) Característica sistêmica - É necessário definir que a energia é característica do sistema físico estudado.

c) Quantidade relativa - Só podemos determinar as mudanças de energia experimentadas pelos sistemas, não seus valores absolutos.

d) Relação energia trabalho e calor - Que trabalho e de calor de duas maneiras diferentes para modificar energia de um sistema.

e) Compreender grandezas associadas a energia - A energia interna é um conceito diferente de calor, calor diferente de temperatura e outras.

f) Conservação energética só em sistemas isolados - No caso de um sistema isolado, a energia permanece constante (embora isto não pode significar o sistema não pode sofrer alterações).

g) Degradação energética em sistemas abertos - Como um resultado das interações com outros sistemas, a energia de um sistema é "degradada".

h) Concepções alternativas de energia - Possíveis ideias alternativas sobre estudantes são levados em consideração. (DOMÉNECH; LIMIÑANA; MENARGUES, 2013 – tradução e adaptação nossa).

É importante compreendermos como a escola brasileira relaciona-se com os conceitos científicos, tais como a energia; o desenvolvimento cultural e cognitivo dos estudantes e as notas de exames.

Luckesi (2011) adverte que a escola no Brasil ainda tem como objetivo o bom desempenho nos exames. Notas nos vestibulares e aprovações anuais parecem ser o objetivo da educação nacional e o desenvolvimento cultural e cognitivo dos estudantes fica em segundo plano. É comum vermos a utilização da quantidade de alunos aprovados nos exames de seleção universitárias como materialidade das escolas, como o índice de aprovação garantisse uma boa qualidade de ensino.

Professores, tendo em vista as boas notas dos aprendizes no Exame nacional do ensino médio (ENEM), utilizam as perguntas dos exames passados e exercícios similares com objetivo de familiarizar os estudantes as técnicas para resolução deste tipos de exercícios. Fernandes (2011) salienta que o ENEM é uma forma de exame condizente com as exigências de competências e



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

habilidades indicada nos PCN. Além das competências e habilidades encontramos o domínio do conteúdo disciplinar em uma abordagem interdisciplinar contextualizada (FERNANDES, 2011).

Como exame, uma das finalidades do ENEM é diagnosticar a situação do ensino e orientar o mesmo (LUCKESI, 2011). Devemos lembrar ainda que Luckesi (2011) adverte que no atual paradigma da educação a nota nestes exames parece ser mais importantes que o próprio aprendizado e muitos professores orientam o ensino para um bom desempenho neles. Muitas vezes utilizando as perguntas destas provas ou questões semelhantes a elas como exercícios em suas aulas e provas.

Por esse motivo no presente estudo queremos verificar se as questões propostas pelo ENEM apresentam os pontos indicados Doménech, Limiñana e Menargues (2013) como importantes para o estudo do conceito de energia.

Metodologia:

Neste trabalho faremos uma pesquisa exploratória e documental de natureza quali-quantitativa buscando uma compreensão adequada da realidade.

Para a análise selecionamos as provas de Ciências da natureza e suas tecnologias do ENEM publicadas de 2009 a 2015 (provas do novo ENEM) e selecionamos as questões que apresentassem palavras ligadas ao conceito de energia (energia, energético, eficiência, rendimento, potência, calor, trabalho, entalpia e entropia) e verificamos se estas perguntas tratavam do conceito de energia ou a palavra aparecia com significado distinto do utilizado nas leis da termodinâmica.

Depois de selecionado o corpus da pesquisa aplicamos uma o quadro teórico da análise estatística implicativa (ASI) que é “um campo teórico centrado sobre o conceito de implicação estatística ou mais precisamente o conceito de quase implicação” (ISAIA et al, 2014, p. 1025), nesta abordagem utilizamos não só as características que se apresentam de forma coincidente, mas as que estão ausentes de forma coincidentes.

Utilizamos como categorias os pontos indicados por Doménech, Limiñana e Menargues (2013) como necessários ao bom ensino de energia. Desta forma consideraremos que a pergunta da prova trata do tópico quando este apresentar as características listadas abaixo:

- a) Transformações naturais (TN) - A pergunta focar as mudanças que ocorreram ou que poderão ocorrer.
- b) Característica sistêmica (CS) – Quando a questão evidenciar o sistema que deve-se tomar como referência. Tais como sistema corpo-terra, a molécula de água ou célula muscular.



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

- c) Quantidade relativa (QR) – Quando não indicar que é possível saber toda a energia do sistema.
- d) Relação energia trabalho e calor (CT) – Quando a pergunta relacionar energia a transformação de calor em trabalho ou de trabalho em calor.
- e) Compreender grandezas associadas a energia (CG) – Quando for necessário a diferenciação de grandezas associadas.
- f) Conservação energética só em sistemas isolados (CE) – Quando indicar que a conservação energética se dá em condição de sistema isolado ou com limites claros.
- g) Degradação energética em sistemas abertos (DE) – Quando indicar que a energia se difunde em sistemas abertos e a poluição necessariamente gerada pelo uso de energia.
- h) Concepções alternativas de energia (CA) – Quando a questão discute concepções alternativas de modo a supera-la.

Essas categorias foram tidas como categorias binárias de existência (1) ou ausência (0) nas perguntas do ENEM na prova de ciências da natureza e suas tecnologias. Quando buscamos pelas palavras relacionadas a energia encontramos 49 perguntas nas provas escolhidas para o corpus da pesquisa. Algumas palavras relacionadas são polissêmicas e por isso quando estas palavras foram encontradas com sentido distinto do foco desta pesquisa.

Fez-se uma planilha com a presença ou ausência das categorias em cada questão para poder verificar se as categorias ficam claras ou se as faltam. Depois preparamos a planilha para ser submetida a análise estatística implicativa com o auxílio do software CHIC.

Resultados e Discursões

Como utilizamos as indicações para uma boa aquisição do conceito de energia pelos estudantes, espera-se que essas características apareçam nas perguntas. O tabela 1 apresenta o números de perguntas que apresentaram cada uma das categorias utilizadas.

Quadro 1: Números de questões que apresentam as categorias.

Categorias	Números de aparições	Relativa
Transformações naturais (TN)	29	59%
Característica sistêmica (CS)	11	22%
Quantidade relativa (QR)	3	6%
Relação energia trabalho e calor (CT)	19	39%
Compreender grandezas associadas a energia (CG)	35	71%
Conservação energética só em sistemas isolados (CE)	24	49%



Degradação energética em sistemas abertos (DE)	18	37%
Concepções alternativas de energia (CA)	0	0%

Fonte: Criado pelo autor.

Vemos que nenhuma das perguntas apresentou uma abordagem de concepções alternativas e apenas três categorias aparecem em número significativo que aparece em quase a metade ou mais, a conservação de energia, a compreensão da energia nas transformações da natureza e percebe as grandezas que são associadas a energia.

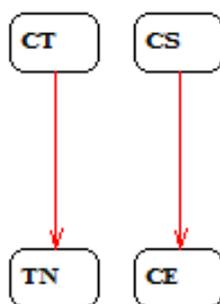
O principal aspecto do conceito de energia nas provas do ENEM é a relação com as grandezas associadas a energia. Nas provas temos o conceito de energia fazendo um plano de fundo a outros conceito científicos.

A maior parte das perguntas foram da disciplina de física, com 25 perguntas, química vem em seguida com 12, biologia com 7 perguntas e 5 perguntas tem necessidades de conhecimento interdisciplinar.

Com a análise estatística implicativa no uso do software CHIC, utilizamos a implicação segundo a teoria clássica utilizando a lei binomial que é disponibilizado pelo software.

Segundo a análise, encontramos uma relação de quase implicação com nível de confiança de 0,90 (o nível de confiança varia entre 0 e 1) entre as categorias. Quando uma pergunta traz relação energia trabalho e calor (CT) implica em ter também transformações naturais (TN), e quando a pergunta apresenta a característica sistêmica (CS) apresenta também a conservação energética só em sistemas isolados (CE).

Figura 1: Grafo implicativo das características do conceito de energia apresentadas nas questões sobre energia constantes no ENEM.



Fonte: construído pelo autor.

Nota-se que a o grafo mostra dois ramos implicativos: No primeiro temos que a relação da energia com o trabalho e calor está relacionado a deixar claro que há transformações do sistema. Entende-se que as relações das mudanças na natureza está diretamente ligada as relações da primeira lei da termodinâmica. No segundo ramo encontramos



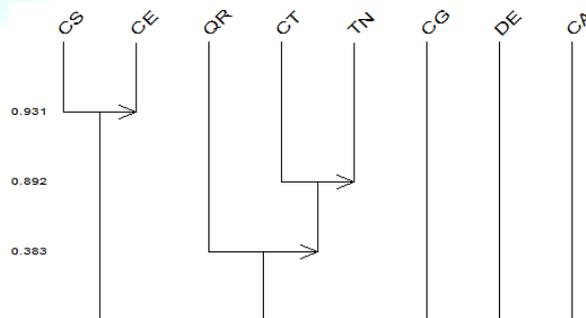
III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

as características do sistema ligados a conservação da energia. Entendemos que a relação entre a classificação do sistema e a conservação ou a degradação da energia. Essas são características que são inter-relacionadas e são consideradas de muita importância para o órgão que elabora a prova.

Encontramos uma correlação entre as categorias de característica do sistema (CS) e a conservação da energia (CE) aparecem com um nível de correlação de 0,931 (em uma escala que varia entre 0 e 1) e uma correlação entre Energia, trabalho e calor (CT) e as transformações naturais (TN) com um nível de 0,892. O categoria Quantidade relativa tem um nível de correlação com o segundo ramo de 0,383, como vemos na figura 2.

Figura 2: Árvore de concorrência entre as características do conceito de energia apresentada nas questões do ENEM.



Fonte: Construído pelo autor.

Podemos notar que as características sistêmicas da energia aparece ligado fortemente a ideia de conservação da energia e essas foram duas das características mais que mais apareceram nas questões do ENEM. Vemos também que as relações entre energia, trabalho e calor está fortemente ligado as transformações da natureza mesmo essas características não aparecendo com frequência nas questões analisadas. Estas duas características estão fracamente ligadas a quantidade relativa da energia no sistema, mesmo sendo está a característica que menos aparece nas perguntas avaliadas.

Conclusões:

Neste trabalho podemos ver como o ENEM reflete o conceito de energia nas provas de ciências da natureza e suas tecnologias. Vemos que é um conceito promotor de atividades correlatas servindo de plano de fundo para que entenda-se uma pluralidade de outros conceitos.

A Energia também é tomada como uma grandeza sistêmica que se conserva e promove transformações na natureza por meio da relação energia, trabalho e calor. Fundamentalmente encontramos, nestes exames, uma visão parcial da energia que está relacionada apenas com a primeira lei da termodinâmica de forma dissociada a segunda lei da termodinâmica. Este tipo de



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

separação pode provocar a uma diminuição ou ausência do ensino da segunda lei da termodinâmica no ensino médio.

Vemos que a prova não reflete concepções espontâneas alternativas da energia, mas entendemos que esta abordagem deve ser tomada em sala de aula e não em um exame diagnóstico.

O conceito, apesar de interdisciplinar, é tomado como um conceito disciplinar, estando mais ligado a física que as outras disciplinas. Isto pode provocar uma fragmentação do conceito de energia visto nas diversas disciplinas escolares, fazendo os estudantes imaginarem que a energia estudada em física é diferente da estudada em biologia ou química e que os nomes e unidades de medidas é semelhante apenas por um acaso.

Desta forma vemos como o conceito de energia pode ser um conceito fundamental para abordagem de outros conceito das disciplinas. O que nos permite classifica-los como um conceito dobradiça (FREIRE, 2014). Devendo ser mais abordado em seu caráter integrador e possibilitando uma abordagem problematizadora (VILLATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ, 2008). Esta abordagem deve centra-se nas experiências cotidianas com finalidade de modificar as concepções alternativas (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Deve-se, ainda, buscar um ensino do conceito de energia mais interdisciplinar e que não deixe de lado questões de cunho epistemológicos. Deve-se ensinar o conceito sem deixar de abordar a degradação além de todas as relações que já são bem exploradas.

Por fim, devemos apontar caminhos para pesquisas futuras. Notamos que a prova de ciências humanas e suas tecnologias também aborda aspectos do conceito de energia e este trabalho não foi explorado. Neste estudo notamos também que nas provas de ciências da natureza e suas tecnologias as questões sobre energia continham erros conceituais, o que pode ser abordado em trabalhos futuros.

Referência:

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC, 1999.

BRASIL, Ministério da Educação, Sistema de seleção Unificada, 2016, disponível em <http://sisu.mec.gov.br/>, acessado em: 07 de março de 2016.

BUCUSSI, A. A., **texto de apoio ao professor de física:** introdução ao conceito de energia. Porto Alegre: UFRGS, 2007

CHAUÍ-BERLINCK, J. G. e MARTINS, R. A., **As duas primeiras leis:** uma introdução à termodinâmica. São Paulo, Editora UNESP, 2013.



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique: du savoir savant au savoir enseigné.** La Pensée Sauvage, 1991.

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J. A. e PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: Fundamentos e métodos.** São Paulo, Cortez editora, 2011.

DOMÉNECH, J. L.; LIMINANA, R. e MENARGUES, A. La superficialidad en la enseñanza del concepto de energía: una causa del limitado aprendizaje alcanzado por los estudiantes de bachillerato - **enseñanza de las ciencias**, núm. 31.3 - 2013.

FERNANDES, C. S., **O Exame Nacional do Ensino Médio e a educação química: em busca da contextualização.** Dissertação de Mestrado, 2011, Programa de Pós-graduação em Educação científica e tecnológica, Florianópolis, 2011.

FEYNMAN, R. P. **12 lições de física.** Rio de Janeiro, Ediouro, 2009.

HALLIDAY, D. **Fundamentos da física, volume 2: Gravitação, ondas e termodinâmica.** Rio de Janeiro, LTC, 2009.

INEP, **ENEM 2015**, 2015, disponível em <http://portal.inep.gov.br/web/enem/enem> acessado em: 07 de março de 2016.

ISAIA, S. M.A., REGNIER, J.C., BISOGNIN, E., BISOGNIN, V. e ACIOLY-RÉGNIER, N., Formação docente e articulação entre competências visadas no mestrado profissionalizante e nas licenciaturas em física e matemática: aporte de um tratamento metodológico no quadro da análise estatística implicativa. **Educação Matemática em Pesquisa.** São Paulo, V. 16 N. 3, 2014.

LUCKESI, C. C., **Avaliação da Aprendizagem Escolar: Estudos e Proposições**, 22 Ed. São Paulo, Cortez, 2011.

SILVA, D. P. G., **O Ensino de Energia e o Livro Didático de Física: um olhar através do construtivismo humano**, 2012, Dissertação de Mestrado profissional, Programa de Pós-graduação em ensino de ciências e matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

VILLATORRE, A. M., HIGA, I. e TYCHANOWICZ, S. D. **Didática e Avaliação em física.** Curitiba, Ibpe, 2008.