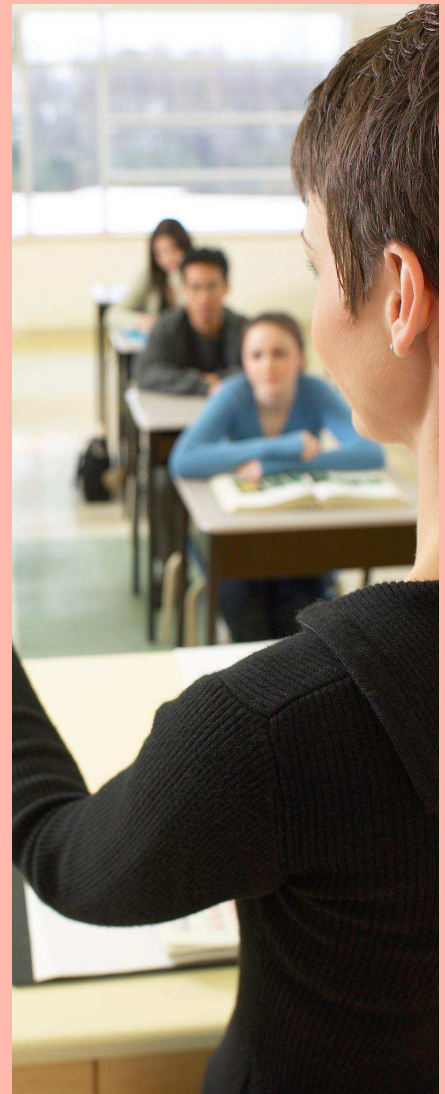


ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO NO BRASIL

UMA ABORDAGEM PLURALISTA

VOLUME III



Frederico Celestino Barbosa

Ensino, pesquisa e Extensão no Brasil: uma abordagem pluralista

3ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
2020

3ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B238E Barbosa, Frederico Celestino
Ensino, pesquisa e Extensão no Brasil: uma abordagem pluralista
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre, 2020

621 f.: il

DOI: 10.37423/2020.edcl28

ISBN: 978-65-86072-43-3

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. ensino 2. pesquisa 3. extensão I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDD: 30

<https://doi.org/10.37423/2020.edcl28>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

MSc. Anderson Reis de Sousa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2020

Sumário

CAPÍTULO 1.....	7
UM ESTUDO SOBRE A PEDAGOGIA DA ALTERNÂNCIA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DE UMA CASA FAMILIAR RURAL DO MARANHÃO.....	7
DOI: 10.37423/200500914	7
CAPÍTULO 2.....	22
<i>ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO NA FORMAÇÃO DO DISCENTE E DO EGRESSO.....</i>	<i>22</i>
DOI: 10.37423/200500927	22
CAPÍTULO 3.....	38
A FORMAÇÃO HUMANA E CIDADÃ EM ATIVIDADES DE EXTENSÃO PARA CURSOS TÉCNICOS.....	38
DOI: 10.37423/200500954.....	38
CAPÍTULO 4.....	48
AS PRODUÇÕES CIENTÍFICAS DO CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA FACULDADE DE EDUCAÇÃO SÃO FRANCISCO – FAESF	48
DOI: 10.37423/200501042	48
CAPÍTULO 5.....	79
PERCEPÇÃO DE PROFESSORES DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE ACOPIARA, CEARÁ SOBRE AULAS PRÁTICAS: LIMITES E POSSIBILIDADES	79
DOI: 10.37423/200501047	79
CAPÍTULO 6.....	91
JOGOS DIDÁTICOS E O ENSINO DE BIOLOGIA: PERCEPÇÃO DE ALUNOS DE UMA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO EM QUIXELÔ-CEARÁ.....	91
DOI: 10.37423/200501062	91
CAPÍTULO 7.....	107
ALTERAÇÕES HEMATOLÓGICAS NA POLICITEMIA VERA	107
DOI: 10.37423/200601066	107
CAPÍTULO 8.....	110

A ANÁLISE QUANTITATIVA DA APROPRIAÇÃO DA DIMENSÃO AMBIENTAL EM PESQUISAS SOBRE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA.....	110
DOI: 10.37423/200601076	110
CAPÍTULO 9.....	122
HABILIDADES X ENTENDIMENTO DE CONCEITOS ABSTRATOS RELACIONADOS AO RACIOCÍNIO LÓGICO: UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA.....	122
DOI: 10.37423/200601081	122
CAPÍTULO 10.....	134
FACES E INTERFACES DA UNIVERSIDADE	134
DOI: 10.37423/200601084	134
CAPÍTULO 11.....	143
FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: CONCEITOS ASTRONÔMICOS IDENTIFICADOS EM LIVROS PARADIDÁTICOS	143
DOI: 10.37423/200601113	143
CAPÍTULO 12.....	155
A DISCIPLINA DE INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA NAVAL NA FORMAÇÃO SUPERIOR DA MARINHA: CAMINHOS INICIAIS .	155
DOI: 10.37423/200601115	155
CAPÍTULO 13.....	172
ATLAS GEOGRÁFICO ESCOLAR: INSTRUMENTO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM GEOGRÁFICA DO LUGAR	172
DOI: 10.37423/200601143	172
CAPÍTULO 14.....	182
CIÊNCIA/TECNOLOGIA/SOCIEDADE NOS CONTEÚDOS SOBRE A ORIGEM DA VIDA EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO.....	182
DOI: 10.37423/200601147	182
CAPÍTULO 15.....	193
O CORPO-TERRITÓRIO NO CONTEXTO DAS FESTAS RELIGIOSAS POPULARES EM MONTE DO CARMO – TOCANTINS .	193
DOI: 10.37423/200601148	193
CAPÍTULO 16.....	203
O POSITIVISMO E SUA PRESENÇA NAS PESQUISAS EM EDUCAÇÃO	203
DOI: 10.37423/200601159	203
CAPÍTULO 17.....	218

EDUCAÇÃO PERMANENTE EM SAÚDE: ESPAÇO PARA INTEGRAÇÃO MULTIPROFISSIONAL ACADEMIA-SERVIÇO HOSPITALAR	218
DOI: 10.37423/200601164	218
CAPÍTULO 18.....	235
UMA AVALIAÇÃO SOBRE A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E MOTIVAÇÃO DE ALUNOS DE ENSINO MÉDIO EM UMA FEIRA CIENTÍFICA DE FÍSICA.....	235
DOI: 10.37423/200601176	235
CAPÍTULO 19.....	246
A INCLUSÃO DO ALUNO SURDO NO ENSINO SUPERIOR	246
DOI: 10.37423/200601177	246
CAPÍTULO 20.....	261
UM ESTUDO DA INTERFACE ENTRE ARTIGOS TEÓRICOS SOBRE FORMAÇÃO DE PROFESSORES REFLEXIVOS COM A PRÁTICA DE UMA PROFESSORA ATUANTE NA EDUCAÇÃO BÁSICA	261
DOI: 10.37423/200601190	261
CAPÍTULO 21.....	268
ENSINANDO CIÊNCIAS NA SEXTA SÉRIE DO ENSINO FUNDAMENTAL POR MEIO DO MOSQUITO Aedes Aegypti.....	268
DOI: 10.37423/200601224	268
CAPÍTULO 22.....	276
TRABALHO EDUCATIVO NA ESCOLA: A CONSTRUÇÃO DA CONSCIÊNCIA CRÍTICA DE ALUNOS ORIUNDOS DE ASSENTAMENTOS RURAIS.....	276
DOI: 10.37423/200601225	276
CAPÍTULO 23.....	283
E-LIXO: UM TEMA SOCIOCIENTÍFICO PARA AULAS DE QUÍMICA COM ENFOQUE CTS NA EDUCAÇÃO POLITÉCNICA... ..	283
DOI: 10.37423/200601226	283
CAPÍTULO 24.....	295
OS CONCEITOS DE INFÂNCIA, ESCOLA E EDUCAÇÃO INFANTIL NAS PESQUISAS DE 2012 A 2016.....	295
DOI: 10.37423/200601227	295
CAPÍTULO 25.....	307
AS NARRATIVAS TRANSMÍDIAS COMO PROPOSTA METODOLÓGICA PARA EDUCAÇÃO DE ENSINO MÉDIO	307
DOI: 10.37423/200601239	307
CAPÍTULO 26.....	312
O DEVER PROFESSOR: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO CURSINHO 1ª OPÇÃO DA UNESP/ASSIS	312

DOI: 10.37423/200601247	312
CAPÍTULO 27.....	320
ASPECTOS METODOLÓGICOS DA NEUROLINGUÍSTICA E DA ANDRAGOGIA APLICADOS AO ENSINO E APRENDIZAGEM DE LÍNGUAS ESTRANGEIRAS.....	320
DOI: 10.37423/200601249	320
CAPÍTULO 28.....	327
O NOVO PANORAMA EDUCACIONAL E OS DESAFIOS DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM CURSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES*	327
DOI: 10.37423/200601250	327
CAPÍTULO 29.....	338
A FORMAÇÃO DOCENTE EM QUÍMICA ANALISADA A PARTIR DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM ESTÁGIO	338
DOI: 10.37423/200601254	338
CAPÍTULO 30.....	349
HUMOR, CIÊNCIA, LITERATURA, CRÍTICAS SOCIAIS E TUDO MAIS: O GUIA DOS MOCHILEIROS DAS GALÁXIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	349
DOI: 10.37423/200601256	349
CAPÍTULO 31.....	361
RECURSOS DO WINDOWS NO ENSINO ONLINE FERRAMENTAS PARA EAD E PARA ACESSIBILIDADE	361
DOI: 10.37423/200601257	361
CAPÍTULO 32.....	369
ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE TRILHAS INTERPRETATIVAS NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO ARTUR VIRGÍLIO FILHO, MANAUS – AM	369
DOI: 10.37423/200601262	369
CAPÍTULO 33.....	386
CENTRO DE FORMAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DA EDUCAÇÃO: UMA PROPOSTA FORMATIVA DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS.....	386
DOI: 10.37423/200601263	386
CAPÍTULO 34.....	396
KIT DIDÁTICO “VERTEBRADOS FÓSSEIS DO RIO GRANDE DO SUL”: RELEVÂNCIA E USO NO ENSINO	396
DOI: 10.37423/200601272	396
CAPÍTULO 35.....	408
A PROFESSORA DA ESCOLA MATERNAL: PARTICULARIDADES E RELEVÂNCIA DE SEU TRABALHO	408

DOI: 10.37423/200601273	408
CAPÍTULO 36.....	417
UM DISPOSITIVO DE MOVIMENTO PERPÉTUO: O QUE OS ESTUDANTES DIZEM	417
DOI: 10.37423/200601288	417
CAPÍTULO 37.....	439
UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA COM UM 4º ANO SOBRE O EFEITO ESTUFA	439
DOI: 10.37423/200601298	439
CAPÍTULO 38.....	449
ANÁLISE DO POTENCIAL PEDAGÓGICO DA EXPOSIÇÃO REVOLUÇÃO GENÔMICA COMO ESPAÇO NÃO FORMAL DE ENSINO DE BIOLOGIA	449
DOI: 10.37423/200601300	449
CAPÍTULO 39.....	460
O ENSINO MÉDICO E A PRÁTICA PROFISSIONAL EM SERVIÇO DE EMERGÊNCIA: UMA ANÁLISE	460
DOI: 10.37423/200601304	460
CAPÍTULO 40.....	472
EFEITOS POSITIVOS DA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS MULTIMÍDIA NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM DE RADICAIS LIVRES E ANTIOXIDANTES NO ENSINO MÉDIO.....	472
DOI: 10.37423/200601306	472
CAPÍTULO 41.....	484
APRENDIZAGEM DA DOCÊNCIA: O QUE FUNDAMENTA A AÇÃO DOCENTE	484
DOI: 10.37423/200601307	484
CAPÍTULO 42.....	494
FORMAÇÃO PEDAGÓGICA PARA NÃO LICENCIADOS: É POSSÍVEL?	494
DOI: 10.37423/200601309	494
CAPÍTULO 43.....	507
A REPERCUSSÃO DA FORMAÇÃO A DISTÂNCIA NA CONSTRUÇÃO DA IDENTIDADE DOCENTE EM UM CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	507
DOI: 10.37423/200601315	507
CAPÍTULO 44.....	538
METODOLOGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM AVALIAÇÃO PARA ALUNOS DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR APRENDEREM MATEMÁTICA ATRAVÉS DE PROBLEMAS	538
DOI: 10.37423/200601316	538

CAPÍTULO 45.....	548
A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DOCENTE E DA.....	548
SISTEMATIZAÇÃO NA EDUCAÇÃO INFANTIL	548
DOI:10.37423/200601320.....	548
CAPÍTULO 46.....	557
ESTUDO SOBRE AS PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES DESENVOLVIDAS NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO, EM UMA ESCOLA TÉCNICA EM ALIMENTOS, NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO, RJ, E SUA RELAÇÃO NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM.	557
DOI: 10.37423/200601326	557
CAPÍTULO 47.....	568
COMISSÃO DE EVENTOS ADVERSOS/SENTINELA: INTERVENÇÕES EDUCATIVAS EM UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA	568
DOI: 10.37423/200601329	568
CAPÍTULO 48.....	580
CONTRIBUIÇÕES DA DISCUSSÃO DE CONCEITOS DE CIÊNCIAS ENTRE PROFESSORES EM UM ESPAÇO COLETIVO DE ESCOLA PÚBLICA	580
DOI: 10.37423/200601331	580
CAPÍTULO 49.....	594
ENFRENTAMENTO DA VIOLÊNCIA DOMÉSTICA CONTRA A CRIANÇA: DESAFIOS DA ESCOLA E DO PROFESSOR.....	594
DOI: 10.37423/200601335	594
CAPÍTULO 50.....	603
A FORMAÇÃO PEDAGÓGICA NA SIGNIFICAÇÃO DA DOCÊNCIA UNIVERSITÁRIA	603
DOI: 10.37423/200601342	603

Capítulo 36

UM DISPOSITIVO DE MOVIMENTO PERPÉTUO: O QUE OS ESTUDANTES DIZEM

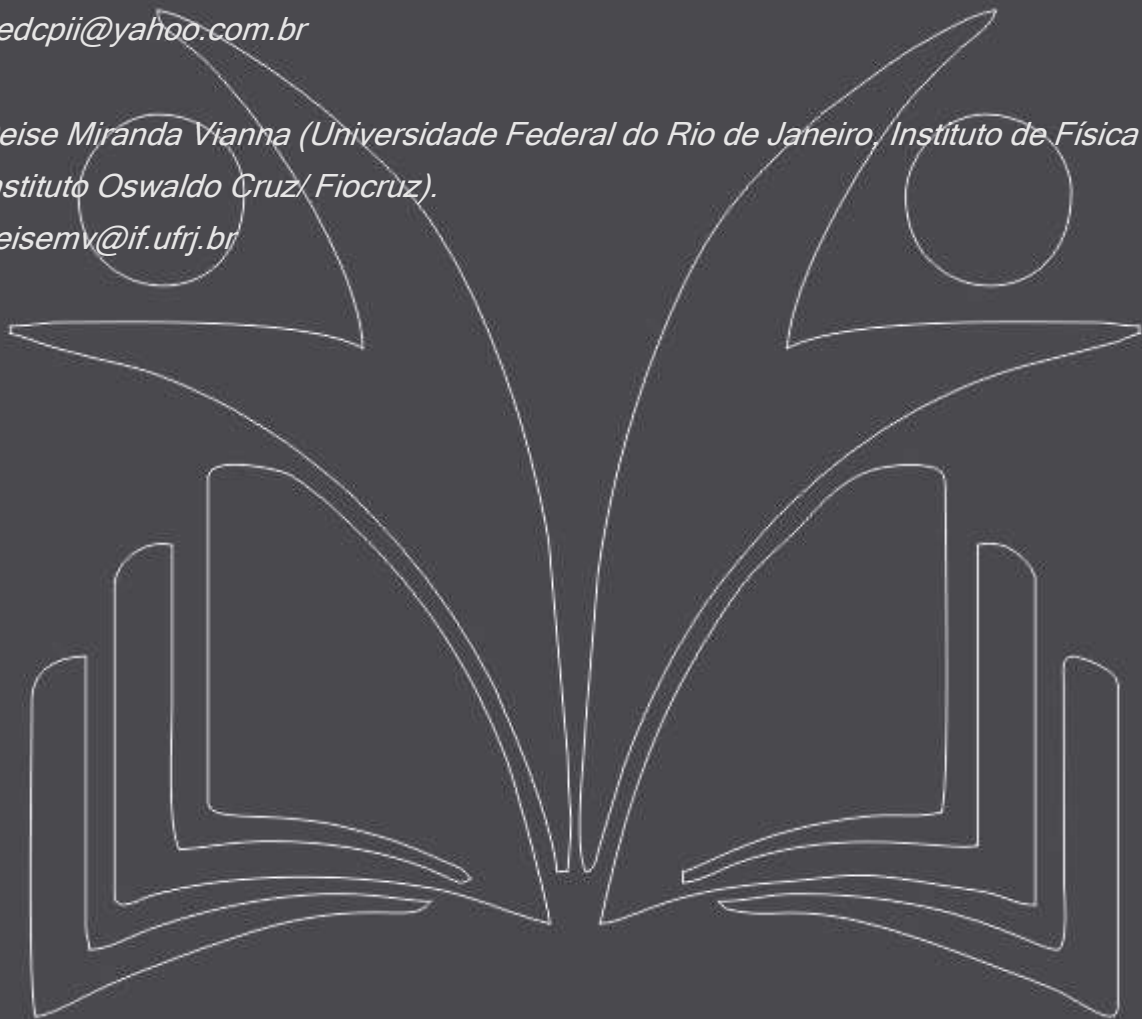
[DOI: 10.37423/200601288](https://doi.org/10.37423/200601288)

Carlos Frederico Marçal Rodrigues (Colégio Pedro II, Campus Humaitá II).

fredcpii@yahoo.com.br

Deise Miranda Vianna (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física Instituto Oswaldo Cruz/ Fiocruz).

deisemv@if.ufrj.br



Resumo: Apresentamos uma análise de uma discussão entre estudantes do ensino médio a partir de uma perspectiva inspirada pela sociologia da ciência de Bruno Latour com o apoio do layout de argumentos de Stephen Toulmin. O contexto é o de uma atividade investigativa de conteúdo CTS cujo tema é a degradação da energia. O ponto de partida é a leitura de um artigo publicado em jornal sobre um dispositivo de movimento perpétuo projetado para geração de energia elétrica. A aplicação da atividade foi realizada em cinco turmas com, em média, 25 alunos cada, de segunda série do ensino médio de uma instituição pública federal. Pretendemos mostrar com um exemplo que a aprendizagem ou consolidação de conceitos físicos fundamentais, como a energia, pode ocorrer ao longo da busca coletiva de uma solução consensual para uma controvérsia tecnológica.

Palavras chave: energia, atividades investigativas, cts, argumentação, sociologia da ciência.

INTRODUÇÃO

Na abordagem tradicional do conceito de energia nos cursos de Física no Ensino Médio é dada grande ênfase à modelagem de sistemas idealizados, onde supostamente se verifica a conservação da energia mecânica. Na maioria dos livros didáticos, é proposto um grande número de exercícios nos quais a prática de negligenciar as forças dissipativas afasta os resultados daquilo que se espera em condições realistas.

O hábito de negligenciar a dissipação de energia mecânica em situações que não admitem esta aproximação fica patente nas soluções de exercícios que se baseiam na conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética. Como exemplo, podemos citar um exercício recorrente no qual uma criança desce ao longo de um escorregador, a partir do repouso, sem a ação de forças dissipativas. Neste exemplo, se a criança escorregar a partir de uma altura inicial de dois metros, deixará o brinquedo com uma perigosa velocidade de 22km/h.

Se o mundo real fosse inteiramente conservativo, grande parte dos fenômenos naturais facilmente observáveis no cotidiano seriam reversíveis. Ao quicar uma bola de basquetebol, por exemplo, não seria necessário que o jogador aplicasse a ela qualquer componente vertical de força, uma vez que retornaria eternamente à altura inicial de onde tivesse sido abandonada. A irreversibilidade dos fenômenos naturais está fortemente ligada à degradação da energia e à noção intuitiva de passagem do tempo. Num mundo conservativo e reversível não seria possível determinar se o tempo transcorre para o futuro ou para o passado.

A degradação da energia é inseparável do próprio conceito de energia se quisermos entendê-lo num sentido amplo que vai além da energia mecânica. A conservação da energia ganha significado na interpretação do mundo que nos cerca quando formas menos nobres ou organizadas passam a integrar as considerações sobre fenômenos reais. Sustentamos a firme convicção de que esta grandeza deve ser conservada em todas as situações, mas desde que as contribuições de todas as suas possíveis formas sejam computadas.

O texto dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) já pontuava explicitamente o desinteresse tradicional com relação ao tema da degradação da energia e reforçava a necessidade de sua abordagem no Ensino Médio.

A omissão dessa discussão da degradação da energia, como geralmente acontece, deixa sem sentido a compreensão da própria conservação da energia e dos problemas energéticos e ambientais do mundo contemporâneo. (BRASIL, 2002).

O texto da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) enfatiza a necessidade de considerar, no ensino das ciências da natureza, reflexões a respeito do desenvolvimento de tecnologias e seu papel na sociedade atual. Com relação à questão da energia, pontua o desenvolvimento da capacidade de avaliar potencialidades e limites da aplicação de tecnologias na solução de desafios contemporâneos. Nesse sentido, uma abordagem do conceito de energia que considera sua degradação é particularmente importante na discussão de soluções para o problema da geração de energia elétrica, explicitamente citado em uma das competências específicas da área.

Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais (BRASIL, 2018).

A inevitabilidade da degradação da energia é responsável pela frustração do sonho compartilhado por um sem número de inventores que, há pelo menos quatro séculos, tenta conceber e implementar dispositivos de movimento perpétuo. Muitos destes dispositivos frustrados, em tempos mais recentes, de fato foram propostos como solução para o problema de geração de energia elétrica. A segunda lei da Termodinâmica, como qualquer resultado consagrado pela tradição científica, não deve ser vista como um pilar imune a ataques e desafios, mas é possível aproveitar o insucesso de esforços feitos na construção desse tipo de dispositivo como insumo para a construção de uma proposta de atividade de sala de aula. Uma atividade que objetive estabelecer a ponte entre a conservação da energia no contexto da Mecânica e a Termodinâmica, em especial, a segunda lei.

Neste texto¹, apresentamos o design de tal atividade, além de uma possível análise de resultados de aplicação.

REFERENCIAL TEÓRICO

A atividade proposta pretende deslocar o estudante para o papel de protagonista no processo de ensino-aprendizagem. Expõe-se um problema cuidadosamente escolhido e formulado pelo professor de acordo com objetivos específicos e fomenta-se uma discussão de possíveis soluções, numa perspectiva que vem sendo denominada ensino por investigação (SASSERON, 2015).

Tendo em vista a concepção bachelardiana de que o conhecimento é construído necessariamente como resposta a uma questão que se coloca, é necessário conferir centralidade à formulação do problema que será proposto ao aluno. Assim, a solução de problemas não pode ser encarada como um momento desvinculado daquele da aprendizagem de conteúdos. Fazer essa separação, como muitas vezes ocorre na prática de sala de aula, tende a produzir uma visão deformada do que é ciência (AZEVEDO, 2004).

É importante para tanto que se estabeleça claramente a distinção entre um problema e um exercício de aplicação. Esta diferenciação não é trivial nem consensual, mas apresentamos uma tentativa útil de fazê-la que adotamos como parâmetro.

Um problema é uma situação, quantitativa ou não, que pede uma solução para a qual os indivíduos implicados não conhecem meios ou caminhos evidentes para obtê-la. (Krulik e Rudnik, 1980 apud: WILSEK e TOSIN, 2009)

Além da adequação ao conteúdo específico, neste caso da Física, que se deseja abordar, o problema formulado deve atender a dois critérios principais: familiaridade e relevância. Familiaridade no sentido de fazer parte da realidade próxima do aluno, o que potencialmente estimula seu interesse e envolvimento e possibilita a emergência, explicitação e tomada de consciência de suas concepções prévias sobre o tema em estudo. Relevância no sentido de ser capaz de fazer surgir, nas discussões em sala, a necessidade de um desenvolvimento científico sobre o tema, além de representar adequadamente o passo inicial deste desenvolvimento.

Os estudantes estão imersos em um mundo onde interagem o espaço social, o natural e o artificialmente construído e despendem esforços na tentativa de dar sentido à sua observação cotidiana articulando esses espaços de forma integrada (AIKENHEAD, 1996). Para o planejamento de uma atividade que seja verdadeiramente relevante para o aluno levando em conta as relações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), Aikenhead (1996) sugere uma sequência a ser observada. A atividade deve se iniciar com um problema que surge no espaço social e exige, para o seu entendimento, o contato com algum tipo de tecnologia, ainda que superficialmente. Problemas tecnológicos são quase sempre relacionados a questões sociais e tem maior potencial para atrair o interesse do estudante que questões de ciência pura tradicional. A ciência tradicional surge como forma de compreender o problema tecnológico de modo a permitir que o estudante retorne ao exame da tecnologia e, por fim, possibilite a reconsideração ou tomada de posição no espaço social.

Posto o problema, os alunos devem ter a oportunidade de discutir suas possibilidades de solução organizados em pequenos grupos. O caminho que leva à construção do pensamento científico é, antes

de tudo, um exercício de discurso. O principal papel do professor, no momento da aplicação da atividade, é o de fomentar a livre discussão entre pares zelando pela criação e manutenção de um ambiente propício a esta prática. Como enfatiza Jimenez (2010), o alunado discute e argumenta quando seu papel em sala o exige, de modo que o professor deve evitar a todo custo o posto de detentor de respostas oferecendo sim perguntas e estimulando controvérsias.

Para avaliar as discussões entre os alunos, adotamos uma estrutura padrão de argumentos a ser identificada em suas falas. O modelo de *layout* de argumentos de Toulmin (2006) tem se mostrado útil e vem sendo aplicado em diversas pesquisas na área de ensino de ciências (JIMENEZ, 2015; GUERRERO, 2007). A estrutura pode ser resumida da seguinte forma: “Dado que (D) já que (W) por conta de (B) então (Q) (C) a menos que (R)”, como mostra a fig. 1 a seguir.

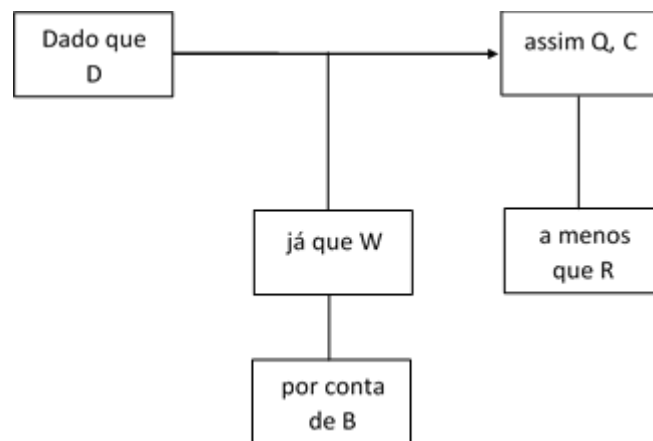


Figura 1: O *layout* de argumentos de Toulmin (2006)

Na estrutura, (D) representa o “Dado” e (C) a “Conclusão”. O dado é uma observação ou informação factual a partir da qual deriva diretamente a Conclusão. O elemento (W) representa as “Garantias”, ou seja, os pressupostos que permitem fazer o passo lógico que vai de (D) a (C). Embora os dados devam ser necessariamente apresentados de modo explícito, é natural que as garantias estejam estabelecidas implicitamente. Como aponta Jimenez (2015), não é necessário que elementos que correspondem a ideias compartilhadas pela audiência sejam sempre explicitados. Garantias diferentes podem conferir diferentes graus de força ao argumento e os critérios que definem essa força são dependentes de contexto. Abaixo das garantias estão as bases (B) que a sustentam. Quase sempre implícitas, as bases são informações factuais que servem como mecanismo justificatório da garantia, quase sempre apresentadas nos casos em que é desafiada.

Um ponto importante da teoria de Toulmin é o reconhecimento de que não é necessário que uma conclusão seja inequívoca para constituir estruturalmente um argumento. Qualificadores modais (Q), como “possivelmente” ou “provavelmente”, podem ser agregados à conclusão como forma de explicitar o grau de comprometimento pessoal do argumentador com ela. A condição de refutação (R), que pode ou não ser explicitada, limita o campo de validade da conclusão e protege a credibilidade de quem a apresenta.

Desenvolver a habilidade de argumentar é, por si só, um dos objetivos gerais do ensino (JIMENEZ, 2010), mas é importante avaliar também até que ponto o conteúdo específico, nesse caso associado à Física, foi aprendido. Para tais considerações, o padrão Toulmin é insuficiente por sua própria natureza campo-invariante, ou seja, independente de contexto. Fazemos a opção por uma perspectiva geral que se inspira no trabalho de sociologia da ciência de Bruno Latour, em especial, nas três primeiras das sete regras metodológicas estabelecidas na obra “Ciência em ação” (LATOURE, 2011). É evidente que o objeto de análise de Latour, o desenvolvimento da ciência e da tecnologia reais, é muito diferente do processo de ensino-aprendizagem que se estabelece numa sala de aula do ensino básico. O transplante artificial da teoria de um contexto a outro ganha sentido na medida em que não se coloca como prescrição rígida de critério de análise. Será antes a escolha de um olhar sobre a produção do conhecimento escolar que busca a superação da dicotomia colocada entre quem e o que se conhece (OLIVEIRA, 2006).

A visão latouriana de ciência é coerente com uma proposta de ensino de Física que vise não apenas a aquisição de produtos científicos mas, antes de tudo, a formação de uma cultura científica efetiva como forma de responder eficientemente aos desafios que a sociedade contemporânea apresenta a todos, inclusive nossos alunos. Neste sentido, é necessário diferenciar os dois estágios pelos quais passa uma teoria ao longo de seu processo de consolidação: “ciência em construção” e “ciência pronta”, e realizar uma escolha filosófico-metodológica por um dos dois em nossas propostas para a sala de aula.

Regra 1. Estudamos a *ciência em ação*, e não a ciência ou tecnologia pronta; para isso, ou chegamos antes que fatos e máquinas se tenham transformado em caixas-pretas, ou acompanhamos as controvérsias que as reabrem. (LATOURE, 2011, p. 405)

Ciência pronta é o status de uma teoria científica, ou artefato tecnológico, já consagrada por um longo e complexo processo de consolidação e transmutada de uma hipótese dentre outras em fato ou verdade científica. Ao transitar do estágio de ciência em ação para o estágio de ciência pronta, um produto científico torna-se, como denominado por Latour, uma “caixa-preta”. Às ações efetivas do

professor no tempo da atividade, a primeira regra sugere que apontem para a abertura de caixas-pretas. Caixas-pretas são necessárias e não seria possível conviver com a tecnociência sem elas. Como ressaltam Gama e Zanetic (2013), não é possível abrir todas as caixas-pretas cada vez que se fizer necessário o uso de algum artefato ou teoria que delas deriva. Isto vale para a ciência real tanto quanto para o desenvolvimento em sala de aula. No entanto, ainda que seja preciso fazer escolhas com relação a quais caixas devem ser abertas e quais podem ser deixadas confortavelmente fechadas, é importante ter em mente que o objetivo é promover o processo que leva ao fechamento da caixa e não sua contemplação quando já lacrada.

Regra 2. Para determinar a objetividade ou subjetividade de uma afirmação, a eficiência ou a perfeição de um mecanismo, não devemos procurar por suas qualidades *intrínsecas*, mas por todas as transformações que ela sofre *depois*, nas mãos dos outros. (LATOURE, 2011, p. 405)

A segunda regra explicita a concepção de que a ciência é construída coletivamente, assim como acreditamos, pode ser a construção do conhecimento escolar pelos estudantes. Ao analisarmos as discussões de sala de aula, devemos ter em mente que uma afirmação se consolidará em meio ao debate quando for capaz de atrair aliados, o que se revela e se reforça no uso posterior que é feito dela na discussão.

Para a análise de uma controvérsia científica, Latour introduz o conceito de modalidade que, em primeira ordem, pode ser entendido como uma divisão em apenas duas classes: positiva e negativa. Modalidades são sentenças que fazem uso de outra qualificando-a ou modificando-a. Asserções positivas partem de uma afirmativa anterior e a expandem em outro contexto, implicitamente assumindo-a como um fato ou caixa-preta. Asserções positivas são fortes aliados que se reúnem em torno da afirmação original. Uma asserção negativa questiona os fundamentos da afirmativa anterior e força a explicitação e o reexame desta afirmativa, ou seja, provoca a reabertura da caixa-preta. Note que os termos definidos desta forma não carregam qualquer conotação de julgamento de valor. Positivo significa simplesmente ir além do argumento e negativo voltar atrás do argumento e reexaminar seus fundamentos. O conceito de modalidade é importante porque facilita a identificação da formação de alianças no decorrer de uma controvérsia.

Retomemos, por um momento, o modelo de argumento de Toulmin para apontar uma particularidade interessante da argumentação no campo científico. Em grande parte dos casos, os argumentos visam estabelecer garantias. Uma vez que a intenção de um cientista muitas vezes é a de estabelecer uma regra ou lei geral que se possa utilizar em outros contextos, seu objetivo pode não ser realmente a

conclusão (C) e sim a consolidação da garantia (W). Toulmin estabelece um paralelo entre argumentos que usam/estabelecem garantias e o que comumente é referido como raciocínio dedutivo/indutivo. Num debate científico é possível encontrar as duas formas de argumento com objetivos diversos. Tendo em vista que os objetivos do ensino estão na maioria das vezes na consolidação de garantias e não em conclusões específicas, o professor deve atentar para o discurso positivo dos estudantes e contrabalançá-lo fazendo intervenções negativas quando necessário. Uma vez que não faz sentido esperar de estudantes do Ensino Médio, que travam seu primeiro contato com o pensamento científico de forma mais estruturada, que estabeleçam uma discussão com a mesma consistência metodológica que encontraríamos num embate entre cientistas profissionais, é importante que o professor ofereça questionamentos que sejam capazes de desequilibrar ou expor a possível fraqueza de argumentos que surjam na discussão entre os alunos. Em suma, o papel do professor é, antes de tudo, o de estimular a abertura de caixas-pretas sejam elas oriundas de concepções espontâneas, senso comum ou de estudos anteriores dos alunos, mas deve cumprir este papel apresentando questionamentos ao invés de respostas, ou seja, é interessante que o professor procure oferecer modalidades negativas ao invés de positivas.

O que entendemos por Natureza deriva da representação que fazemos dela, ou seja, nossas concepções acerca do mundo natural são formadas após a consolidação das teorias. Desse modo, a partir do momento em que se adota a primeira regra metodológica, não é possível recorrer à Natureza como se fosse um árbitro externo capaz de julgar quais afirmativas são corretas e quais não são. No decorrer de uma controvérsia científica não há uma Natureza à qual apelar. A Natureza entra em cena como o resultado de uma controvérsia já resolvida. Este argumento constitui a *terceira regra metodológica*.

Regra 3. Como a solução de uma controvérsia é a *causa* da representação da Natureza, e não sua consequência, nunca podemos utilizar essa consequência, a Natureza, para explicar como e por que uma controvérsia foi resolvida. (LATOURETTE, 2011)

Adaptar e aplicar a terceira regra à análise das discussões em sala de aula é uma tarefa delicada e potencialmente perigosa. Essa dificuldade provém do fato de que, no caso do ensino e não da ciência real, há uma representação da Natureza bem estabelecida por detrás da prática e é objetivo do ensino, embora não o único, que o aluno construa essa representação e não outra. Então de que modo essa regra pode ser útil? Num primeiro momento, o da sala de aula, reforça a ideia de que o professor deve evitar a postura de árbitro ou detentor de uma verdade pré-existente. No momento da análise de resultados, impõe a inserção da afirmação feita pelo aluno naquele momento específico da discussão,

evitando o julgamento de valor da afirmação em si, preferindo avaliar sua consistência estrutural como argumento e sua coerência localizada no tempo da controvérsia.

A ATIVIDADE

A atividade foi aplicada em turmas da segunda série do ensino médio regular de uma escola pública federal localizada na zona norte do Rio de Janeiro (RJ). A aplicação foi feita num momento do ano letivo em que alunos já haviam estudado as leis de conservação na Mecânica e a primeira lei da Termodinâmica.

Toda a aplicação da atividade foi gravada em áudio, com a permissão dos alunos ou de seus responsáveis legais.

A proposta de atividade encontra-se detalhadamente descrita na forma de material para o professor e material para o aluno como parte de um capítulo (RODRIGUES, 2012) da obra publicada pelo grupo PROENFIS do qual fazemos parte. É também parte de dissertação de mestrado profissional apresentada no Programa de Ensino de Física do Instituto de Física da UFRJ (RODRIGUES, 2014).

O problema é apresentado a partir da leitura de um texto jornalístico seguido de uma discussão em grupo que objetiva formular respostas a duas perguntas. O texto é um recorte de uma reportagem publicada pelo jornal *O Estado de São Paulo* (KRITSCH, 2000) que relata o projeto de construção de uma máquina hidráulica para geração de energia elétrica na Ilha de Canárias, no Maranhão.

Na reportagem, são descritos os graves problemas enfrentados pela população da Ilha de Canárias devidos à escassez de energia elétrica. Um mecânico amador residente na comunidade, Sr. Pedro Costa, após insistência de mais de uma década, consegue obter financiamento da própria comunidade e do governo municipal para a construção de uma máquina que, segundo ele, resolveria o problema energético local. Citamos a seguir o trecho da reportagem em que são descritos os pontos principais do projeto da máquina.

O sistema idealizado por Costa, um mecânico autodidata, funciona com a força da água, armazenada em uma caixa com capacidade para 4000 litros, a 13,5 metros de altura. Um cano de PVC despeja a água sobre a maior das rodas da engenhoca, com 6,5 metros de raio. Essa roda possui 47 canecas que podem receber, cada uma, 25 litros de água. (...) A energia resultante do movimento vai acionar um gerador. Ele vai alimentar a comunidade e uma bomba, que recolocará a água despejada pelas canecas da roda grande na caixa. (KRITSCH, 2000)

Ao final do texto são apresentadas as duas perguntas que os alunos devem responder por escrito findas a leitura e a discussão. A primeira é um chamado a uma tomada de posição de cunho sócio

científico e a segunda é um questionamento voltado ao aspecto mais puramente científico que serve para assentar um possível caminho para uma abordagem posterior da segunda lei da Termodinâmica.

1. Se você fosse morador da ilha, incentivaria o projeto com ajuda financeira?
 - a. Caso afirmativo, por que?
 - b. Caso negativo, por que?
2. Caso o objetivo da máquina fosse apenas manter a roda em movimento e não fornecer energia elétrica às residências, poderia funcionar? Por que?

A ideia do Sr. Costa é um exemplar do mais comum de todos os projetos de construção de um artefato de movimento perpétuo, conhecido como “roda desequilibrada”. Como as canecas descem cheias e sobem vazias, o movimento supostamente se sustenta perpetuamente, desde que seja possível recolocar a água na caixa de armazenamento de onde saiu. É neste ponto, evidentemente, que reside o entrave do projeto. É comum classificar os dispositivos de moto-perpétuo em duas espécies:

1. Moto-perpétuo de primeira espécie: apresenta criação efetiva de energia, ou seja, o trabalho realizado pela máquina é maior que a energia potencial inicial. Máquinas desta espécie violam a primeira lei da Termodinâmica (conservação da energia).
2. Moto-perpétuo de segunda espécie: não apresenta criação efetiva de energia e, portanto, não viola a conservação da energia, mas pressupõe 100% de rendimento em todos os processos envolvidos.

A máquina da Ilha de Canárias é um moto-perpétuo de primeira espécie, pois seu funcionamento pressupõe que a quantidade de energia elétrica gerada seja maior que a energia potencial da massa de água armazenada na caixa. A segunda pergunta, ao retirar a obrigatoriedade do fornecimento de energia elétrica às residências, transforma a máquina num moto-perpétuo de segunda espécie de modo a estimular a discussão acerca da degradação da energia e da irreversibilidade.

ANÁLISE DE DADOS

Analisamos agora trechos selecionados da transcrição da discussão estabelecida em um dos grupos durante a realização da atividade. Os nomes aqui citados (Eduarda, Maria, Luana, Clara e João) são fictícios.

Trecho 1: Posicionamento inicial

No início da discussão, quatro dos cinco integrantes do grupo mostram uma clara tendência de adesão ao projeto da máquina, com base em argumentos que consideram aspectos sociais, mas não

levam em conta o problema da conservação da energia.

29. Eduarda: Ah, eu não sei, eu acho que, tipo, uma coisa que nunca deu certo, que as pessoas tentam há muito muito tempo. Se eu morasse num lugar...
30. Luana: Cara, mas é a esperança deles também, né? [interrompendo]
42. João: Eu acredito que pode funcionar porque... ué, porque precisa tentar. Agora, eu acho que daria certo porque com os inventos agora da Hidráulica, muita coisa, as bombas hidráulicas vem mudando, os sistemas hidráulicos são muito diferentes agora. Principalmente agora, a Engenharia, a Engenharia Mecânica no estudo da... no estudo da... da Hidráulica e da Pneumática, ela agora tá muito mais avançada do que antes. Eu acho que, pô, tem recurso suficiente pra poder fazer isso funcionar.
43. Maria: Eu acho que se ninguém tentar nunca vai acontecer. Eu incentivaria, se tivesse dinheiro. (risos)
44. Clara: Eu também.
45. João: Ah, eu daria.

A única voz dissonante é a de Eduarda, mas sua objeção à máquina é pouco conclusiva e é facilmente desconstruída por João, que vem a conseguir a adesão dos demais colegas. Segundo João (turno 42): “(Dado que) (D) os sistemas hidráulicos são muito diferentes agora (já que) (W) a Engenharia Mecânica no estudo da Hidráulica e da Pneumática, ela agora tá muito mais avançada do que antes, eu acredito que (Q) pode (C) funcionar”. Eduarda tenta questionar o posicionamento dos colegas e, pela primeira vez na discussão, surge o conceito de energia de forma clara. Porém, não há a construção de um argumento estruturado e a aluna não consegue angariar aliados.

46. Eduarda: Mas a ideia é o sistema se manter sozinho pra sempre?
47. Luana: Aham. É.
48. Eduarda: É como se ele cedesse energia mas continuasse a ter a mesma energia pra continuar rodando? É isso?
49. João: Enquanto tiver água...
50. Luana: É, a roda dele não para.
51. Eduarda: Então ele perde energia e não perde energia? Paradoxal. Só isso.

Trecho 2: Investigação

A discussão prossegue com o exame da descrição da máquina fornecida no texto e o posicionamento do grupo a favor do projeto torna-se mais forte.

107. Maria: Não dá pra fazer nenhum mecanismo que... que a água volte lá pra cima? Um cano que botaria a água lá pra cima com a pressão?
108. Eduarda: Não, não tem como, porque a pressão vai fazer a água descer.
109. Maria: Então a bomba vai criar pressão? Vai jogar ela lá em cima com a pressão? Tem a roda aqui, tem a caixa aqui em cima. Se eu colocar a mesma pressão que tá lá dividindo pra ir lá pra cima...
110. Professor: É isso o que uma bomba faz: ela aumenta a pressão embaixo pra água subir.
111. João: Mas, professor, essa bomba tem que tá impulsionada por alguma outra coisa. Por exemplo, por um motor.
112. Professor: Essa bomba é ligada no gerador elétrico.
113. João: É ligada no gerador elétrico. Então pra essa bomba começar, pra dar o pontapé inicial pra água começar a subir assim que a caneca despejar, ela vai precisar de uma energia que o gerador ainda não vai estar dando.
114. Professor: Você pode começar com a água já lá em cima. Ela começa a cair, a roda começa a girar e começa a acionar o gerador.
115. Maria: Mas aí teria que ter uma quantidade de água muito grande pra fazer a roda girar.
116. João: Sim, quatro mil litros de água a 13,5 metros é o suficiente pra fazer a roda girar.
117. Maria: Tudo bem, mas pra continuar girando sem precisar fazer nada?
118. João: Eu entendi, eu entendi. Por exemplo, quatro mil litros de água em cima e 13,5 metros de altura. Ele vai girar. Uma hora vai começar a dar energia no gerador muito embora tenha muita água embaixo. Quando o gerador começar a ter energia elétrica suficiente ele vai impulsionar a bomba e...
119. Maria: Eu sei, mas como é que ele vai rodar até que o gerador...
120. João: Com quatro mil litros de água. Por isso é que ele colocou muita água em cima.
121. Maria: Isso é pra começar ou pra ficar rodando, rodando, rodando?
122. Eduarda: Essa água faz parte daquele ciclo. Ela não vai sair pra nenhum outro lugar.

Este trecho é interessante porque mostra que o grupo tenta identificar variáveis relevantes à análise do problema que possam orientar uma tomada de decisão. Na discussão acerca do retorno da água ao reservatório, dificuldade central do projeto, surge a variável pressão. Maria sugere (107) que a diferença de pressão entre os reservatórios poderia ser usada para recalcar a água naturalmente, ao que Eduarda rapidamente retruca (108) afirmando que a tendência natural seria a água descer e não subir o que traz a bomba hidráulica de volta à cena e, com ela, o problema da energia.

João percebe (111) que não só a bomba hidráulica é necessária, mas que seu uso requer alguma fonte de energia. Nos turnos seguintes, o diálogo com o professor serve para esclarecer que esta fonte é a própria máquina (111 a 117). O aluno está convencido de que a bomba pode funcionar convenientemente e apresenta esta convicção no seguinte argumento (118): “(D) (Dado que há inicialmente) quatro mil litros de água em cima e 13,5 metros de altura, ele vai girar (C) (então) quando o gerador começar a ter energia elétrica suficiente, ele vai impulsionar a bomba.” A garantia implícita é a próprio conceito de energia, uma vez que está claro para João que o processo proposto é um jogo de transformação de energia mecânica em elétrica e de novo em mecânica. Neste ponto da discussão, o problema de alimentar as casas com energia proveniente do gerador não aparece explicitamente.

Trecho 3: Tomada de posição

129. Maria: Eu acho que ele pode conseguir. Eu acho que tem futuro.

130. Luana: Antigamente, as chances de darem errado eram maiores porque as tecnologias eram mais precárias mas hoje em dia as tecnologias são muito mais avançadas e, por mais que, assim, tenham defeitos, é muito mais fácil você avançar a tecnologia ainda mais porque tem muito mais cientistas. Por mais que até ele não tem tanto acesso a essa tecnologia, ele tem acesso ao que ele consegue entender e é mais barato ter acesso a uma ideia, a uma pesquisa, a um... do que ter acesso à própria tecnologia pronta, entendeu? Você falou da energia eólica. Energia eólica é uma energia pronta? Beleza. Só que é uma energia que ocupa espaço, que é cara, entendeu? Que quem tem energia eólica...

131. João: E que não é 100% garantida. E se parar de ventar?

132. Luana: É, não é 100% garantida. E além disso, tipo assim...

133. Eduarda: Não, mas não é totalmente instantânea, energia eólica, eles armazenam, mas mesmo assim se o lugar ficar muito tempo sem ventar.

134. Luana: Mas não é nem questão disso, tipo, o que ele vai gastar com a energia eólica pode até ser mais do que os experimentos que eles estão fazendo porque se der certo eles não vão precisar gastar mais nada.

135. João: Só que a energia eólica tem um porém que, assim, fica muito claro. O custo de manutenção dos equipamentos de energia eólica é surreal. Pra uma população que levou anos pra poder juntar quatro mil reais pra prefeitura dar os outros 26 mil pra eles juntarem 30, é surreal colocar um projeto de energia eólica lá.

136. Luana: É muito caro e além disso, tipo, é como você falou, é muito mais barato você ter acesso a tecnologias baratas que... porque bomba hidráulica é mais barata que um sistema eólico, entendeu?

É muito mais barato você ter acesso a isso e a ideia de como fazer pra melhorar, cientistas, universidades, do que ter acesso a outra tecnologia.

137. João: Eu acho o seguinte, com a ideia dele, ele tá podendo provar de muito perto pras pessoas no que que ele tá investindo, entendeu? As pessoas tão acreditando nele porque o equipamento tá no quintal de uma pessoa, entendeu? A pessoa tá vendo que o negócio tá funcionando, tá começando a girar.

147. Luana: Eu acho que eu ajudaria. Eu ajudaria assim, eu acho que investiria se eu morasse lá. Até porque, cara, você pensa, você é uma população pobre, você é uma população que precisa, entendeu? Tipo, você vai precisar desse sistema. Você tem que investir no que você tem.

Os argumentos apresentados por João no trecho 2 estabelecem uma *possibilidade*, embora não uma conclusão inequívoca, ou seja, a máquina *pode* funcionar ao invés de a máquina *certamente* funciona. A leitura do trecho 3 mostra que esta afirmação recrutou eficientemente dois aliados, Luana e Maria. Ora, uma vez que está estabelecida a possibilidade, a discussão sobre os aspectos técnicos do projeto pode ser abandonada e o grupo, guiado por Luana, retoma, sistematiza e reforça os argumentos de cunho social levantados no trecho 1.

Luana retoma o argumento central de João no trecho 1, o de que os insucessos do passado não estabelecem necessariamente uma impossibilidade. O argumento segue como (130): “(D) (Dado que) hoje em dia as tecnologias são muito mais avançadas e, por mais que tenham defeitos, é muito mais fácil você avançar a tecnologia ainda mais porque tem muito mais cientistas, (C) antigamente as chances de dar errado eram maiores.” Somam-se a esta, afirmações positivas de que outras formas de geração de energia seriam desvantajosas no caso desta comunidade por questões financeiras principalmente. Luana (130 e 136): “(D) (Dado que) é mais barato ter acesso a uma ideia, a uma pesquisa, do que ter acesso à própria tecnologia pronta (C) (o projeto é mais vantajoso) do que ter acesso a outra tecnologia.” João e Luana (131 e 132) tentam estabelecer uma desvantagem no uso da energia eólica ligada à variação sazonal, ao que Eduarda responde indicando que a energia pode ser armazenada e então procede-se o reforço do argumento financeiro. Luana (134) e João (135) constroem em conjunto o argumento da desvantagem financeira na energia eólica: “(D) (Dado que) o custo de manutenção dos equipamentos de energia eólica é surreal e que se der certo (o moto-perpétuo) eles não vão precisar gastar mais nada (C) o que ele vai gastar com a energia eólica (Q) pode até ser mais do que os experimentos que eles estão fazendo.” A garantia implícita neste caso é a ideia de que problemas tecnológicos devem ser avaliados a longo prazo.

Por fim, no turno 147, Luana sistematiza a posição coletiva do grupo, com a exceção de Eduarda, como se verá, e de Clara, que permanece ausente da discussão: “(D) (Dado que) você é uma população pobre (e) que você vai precisar desse sistema e (W) (já que) você tem que investir no que você tem (C) eu acho que investiria se eu morasse lá.” Note que o argumento não é inequívoco, mas não é fraco, uma vez que a possibilidade de sucesso já foi estabelecida pelas discussões nos trechos 1 e 3. Em suma, não há certezas, mas também não há impossibilidade clara, de modo que cabe à comunidade investir no único caminho economicamente viável.

Neste ponto, o leitor pode sentir algum desconforto com a tomada de posição do grupo. Acreditamos que podemos diluí-lo se mantivermos em mente as três regras metodológicas que tomamos por empréstimo da sociologia da ciência de Latour. Em primeiro lugar, procedemos a análise de um processo em construção, gradativo, coletivo e dinâmico por natureza, como requer a regra número um. A segunda regra nos impõe compreender que o conhecimento é construído no debate, pela formação de alianças entre uma afirmativa e as caixas-pretas sobre as quais se apoia e, principalmente, entre a afirmativa e as pessoas que fazem uso posterior dela, de modo que a tomada de posição realizada pelo grupo é a única consistente com o processo de argumentação observado até o presente momento. Localizar as posições no tempo da discussão é necessário para entendê-las, uma ideia que se aprofunda tendo em vista a terceira regra metodológica. O possível desconforto do leitor só poderia derivar da crença numa Natureza que arbitra, de uma confortável posição alheia ao tempo da controvérsia, o certo e o errado, o fato e a falácia. Ora, esta representação da Natureza, embora esteja presente no professor (e possivelmente no leitor), ainda não existe no espaço dos estudantes, de modo que não serve como critério de análise. Cabe apenas entender que a discussão ainda não atingiu o seu ápice, ou seja, que a caixa-preta ainda não pode ser fechada.

Trecho 4: Controvérsia

155. Eduarda: Não sei, cara. Não sei. Às vezes eu sou pessimista. Vamos pra próxima pergunta. [lendo] “Caso o objetivo da máquina fosse apenas manter a roda em movimento e não fornecer energia elétrica às residências poderia funcionar?”

Logo no primeiro turno deste trecho (155), Eduarda deixa transparecer sua insatisfação com a tomada de posição do grupo em apoio à máquina e então sugere a leitura da segunda pergunta. O objetivo da segunda pergunta na proposta da atividade é fazer emergir explicitamente a questão da degradação da energia, o que se cumpre ao longo deste trecho.

159. Eduarda: Não sei se ia ser uma coisa eterna, porque tem tanta perda. Você perde muita coisa. Imagina. A roda girando no chão, cara.

160. Luana: Mas é muito mais fácil ficar com essa roda girando no chão do que com esse movimento fornecer energia pra todas as casas.

161. Eduarda: Mas é por isso que eu acho que movimento contínuo é algo que vai ser muito difícil dele conseguir. Porque você vai perder muita energia, então, tipo, você pode conseguir ficar muito tempo girando a roda mas em um momento você vai perder muita energia. Porque você vai perdendo de pouquinho em pouquinho. Você vai perder com atrito, você vai perder com...

162. João: Mas olha só, mas essa questão da energia, vai ser toda repostada pela pressão que a bomba hidráulica vai repor no sistema. Porque o gerador de energia elétrica, ele vai oferecer energia pra bomba hidráulica e a bomba hidráulica vai estar sempre jogando pressão na água [pausa 10 segundos]. Olha só [lendo] “a energia resultante do movimento vai acionar um gerador. Ele vai alimentar a comunidade e o próprio sistema”, que é a bomba hidráulica. Se ele não estiver só alimentando a cidade, estiver alimentando a si mesmo, ele vai ter energia pra sempre. Agora, se ele estiver alimentando só a cidade e esquecer do sistema, o sistema uma hora ia parar.

163. Maria: Agora, se ele não estiver só alimentando a cidade é mais fácil ele rodar.

169. Eduarda: Ele produz uma energia X. Sendo que essa energia X ele vai ter que voltar e vai gastar. Sendo que ele vai perder energia, então a energia que ele produziu no primeiro ciclo vai ser maior do que a do segundo, entendeu? Quando ele for girando, ele produziu uma energia X...

170. João: A ideia é ao contrário.

171. Eduarda: Daí ele girou de novo. Quando ele girar de novo ele vai ter perdido energia. Porque ele vai ter perdido com várias coisas. Você vai perdendo energia. Inclusive porque ele vai tá alimentando uma cidade.

172. João: Sim, ele vai perder energia por causa do som, por causa do atrito, por causa de N fatores que fazem ele desgastar energia. Mas se o sistema se alimentar mais a si mesmo do que ele perde, ele vai sempre continuar funcionando.

Para manter viva na discussão sua posição contrária à máquina, Eduarda precisa questionar os aspectos técnicos de seu funcionamento. A dificuldade que começa a surgir neste momento é que a posição coletiva favorável ganha mais força cada vez que um novo aliado surge, ou seja, cada vez que alguém se utiliza desta posição e a expande, numa asserção positiva. Não existe mais a necessidade de reexaminar os aspectos técnicos da máquina se o voto favorável a ela já é uma caixa-preta, tanto é que Luana e Maria respondem afirmativamente à segunda pergunta utilizando apenas esta garantia (160 e 163). Eduarda precisa então de um fato ou uma informação inteiramente nova que seja capaz de forçar a reabertura da discussão técnica. Este fato é a degradação da energia (159, 161 e 171).

Eduarda (161): “(D) (Dado que) você vai perder muita energia porque você vai perdendo de pouquinho em pouquinho (C) eu acho que movimento contínuo é algo que vai ser (Q) muito difícil dele conseguir”. A conclusão não é inequívoca, o que se revela no uso do qualificador modal *muito difícil* ao invés de *impossível*. Aparentemente a aluna ainda não percebe a força que poderia emanar de sua garantia implícita, que é a conservação da energia, e por esta razão se protege de críticas enfraquecendo a conclusão. Mais tarde (171), a aluna tenta construir um argumento mais sólido para convencer os colegas utilizando uma quantidade fictícia de energia, mas não consegue formar uma estrutura coerente o bastante e abandona temporariamente a tentativa.

João, que não pode deixar de reconhecer o problema da degradação da energia, sustenta sua posição favorável ao projeto com um contra-argumento (172): “(D) (Dado que) ele vai perder energia por causa do som, por causa do atrito, por causa de N fatores que fazem ele desgastar energia, (W) se o sistema se alimentar mais a si mesmo do que ele perde (C) ele vai continuar funcionando”. João utiliza uma garantia fundamentalmente diferente da de Eduarda, que poderia ser descrita como uma versão enfraquecida do conceito de energia, ou seja, reconhece a descrição do sistema como uma série de transformações de energia mas admite equivocadamente que a quantidade total de energia possa aumentar com o tempo num sistema fechado. Está estabelecida afinal a controvérsia entre as posições favorável e contrária à máquina

Trecho 5: Virada de mesa

O argumento apresentado por Eduarda no trecho 4 não atrai aliados inicialmente e João continua a centralizar a posição coletiva de que é possível compensar a perda de energia com a ação da bomba hidráulica. Eduarda então chama a participação do professor na discussão buscando aprofundar seu argumento de modo a angariar apoio e mudar a posição do grupo.

337. Eduarda: Então ele vai produzir uma energia 2X. Eu que inventei 2X, é uma energia qualquer.
338. Professor: Mas quanto a água tinha antes?
351. Eduarda: Pera. Tem que ser a energia da gravidade, mas se ela vai girando, ela vai ter que ser menor do que a que chegar no final porque quando chegar no final ela foi aumentando por causa da velocidade da roda, não? Mas é a energia cinética que eu vou usar pra produzir energia.
352. Professor: Sim.
353. Eduarda: Mas eu só converti, professor. Então é a mesma energia! Então não tem como produzir energia extra! Chega no final a mesma energia! [agitada]
356. Eduarda: Péra! Péra! Olha só, começou com uma energia X, energia potencial X.
357. Professor: Certo.

358. Eduarda: A energia mecânica lá que vai produzir a cinética. Quando chegar no final, a energia cinética da roda menor vai girar o gerador e vai produzir a mesma energia X, sendo que elétrica agora. Quando ela produzir essa energia elétrica, eu vou ter energia elétrica X. Se a minha bomba, ela precisar de energia metade de X, tipo, se X for mil e a minha bomba precisar de quinhentos, eu vou usar quinhentos pra bomba, pra água subir, e vou mandar quinhentos pra cidade.

359. Professor: Mas quanto você vai precisar pra água subir?

360. Eduarda: A energia pra alimentar da bomba.

361. Maria: Mas a água vai voltar pro mesmo lugar então precisa da mesma energia.

371. Eduarda: A bomba vai ter que vencer a mesma energia potencial, a mesma que fez com que a água descesse no começo.

372. Luana: É.

373. Eduarda: Por isso eu disse que era paradoxal! Vocês ficaram me confundindo!

Após a discussão de Eduarda, com a participação do professor e a contribuição fundamental de Maria (turno 361), o problema da conservação da energia surge com mais clareza e a aluna então consegue formular o argumento inequívoco que atrairá a aliança dos colegas e terminará por mudar a posição coletiva. Vale notar que o aprofundamento da discussão passou pela necessidade de matematização da análise do projeto e que essa necessidade surge de uma iniciativa dos alunos e não do professor.

399. Eduarda: Então é possível eu deixar essa roda girando eternamente mas não é possível produzir energia e deixar ela girando eternamente.

400. Professor: Por que?

401. Maria: Porque ela não vai conseguir vencer o desnível.

402. João: Vai ter um déficit de energia.

403. Eduarda: Porque eu tenho energia suficiente pra fazer ela continuar. Porque, do tipo, a energia potencial vem, vira cinética, vira elétrica e a elétrica faz a potencial voltar pro mesmo lugar. Então eu continuo com o mesmo sistema e, se eu ignorar a perda de energia, tipo... [pausa: 5 segundos] Não pode ignorar! Nem isso! A roda vai parar de girar! Tá vendo? Tá vendo? Olha só, ia ficar igualzinho se não tivesse atrito, não tivesse nada, mas tem atrito. Eu não posso ignorar, então ela nem vai produzir energia elétrica e nem vai girar pra sempre. Eu falei isso no início e vocês disseram que eu era maluca! Viu? Viu? [muito agitada]

404. Maria: Eu não disse que você era maluca!

405. Eduarda: Acabei de provar! Anota aí! Anota aí, gente!

Após a discussão, Eduarda consegue (turno 403) estruturar seu argumento inequívoco e completo contrário ao projeto da máquina: “(Dado que) (D) a energia potencial vem, vira cinética, vira elétrica e a elétrica faz a potencial voltar pro mesmo lugar (já que) (W) eu não posso ignorar a perda de energia (C) então ela (Q) nem vai produzir energia elétrica e (Q) nem vai girar pra sempre”. A partir deste ponto não há mais oposição ao argumento da aluna e o grupo fecha questão com relação às duas perguntas. A conservação da energia ganha *status* de caixa-preta para o grupo e dela decorre a conclusão de que não vale a pena investir na máquina.

É interessante apontar que, no restante do diálogo, após o turno 405, a conservação da energia é assumida pelos estudantes como uma verdade pré-existente, embora não estivesse presente de fato na maior parte da discussão, o que nos remete à questão da representação da Natureza como consequência e não causa da solução da controvérsia, expressa na terceira regra de Latour. A consolidação desta representação é explicitada pelo trecho final da discussão que apresentamos a seguir.

426. Mas se o Professor sabe disso, por que ele não conta pro inventor?
427. Luana: [risos]
428. Maria: [risos]
435. Maria: Olha só, mas se você sabe que o cara tá errado, eu acho muito ético...
436. Professor: [interrompendo] Mas eu não sei de nada!
437. Maria: Porque se você sabe que ele...
438. Professor: [interrompendo] Eu nunca encontrei uma segunda reportagem sobre a ilha pra saber o que aconteceu depois lá.
439. Maria: Você tem que mandar um e-mail pra esse cara, nem que seja no túmulo, pra avisar pra ele.
440. Professor: E-mail? Ele não tem nem luz elétrica!

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos trechos que selecionamos pode ser vista como uma narrativa em capítulos: *Posicionamento inicial, Investigação, Tomada de posição, Controvérsia, Virada de mesa*. Mas esta é apenas a história deste debate e destes atores. A discussão acontece a partir do que cada elemento do grupo traz consigo: bagagem cultural, conhecimentos prévios, domínio de linguagem, credibilidade, empatia e um sem número de outras habilidades individuais mais ou menos desenvolvidas. Portanto, não é possível, e nem terá sido esta a intenção, afirmar que a discussão

estabelecida por estes alunos poderia representar precisamente qualquer outra. Mas acreditamos poder extrair deste estudo qualitativo algumas propostas úteis para o trabalho em sala de aula. Esperamos ter contribuído, com este exemplo de discussão entre estudantes, com a convicção de que uma controvérsia sócio-científica pode ser uma forma de consolidar a aprendizagem de conceitos centrais da Física, como o conceito de energia. Entretanto, é necessário que a proposta de atividade objetive a criação deste tipo de controvérsia apresentando um problema tecnológico de interesse social e exigindo dos estudantes uma tomada de posição coletiva e consensual. A ação do professor é importante no desenrolar das discussões no sentido de fomentar questionamentos que possam trazer à tona a representação da Natureza que se pretende ensinar, porém, a posição de árbitro externo que julga o certo e o errado deve ser sempre evitada pois impossibilita a criação de um ambiente de autonomia e livre discussão.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G.; SOLOMON, J. STS Education: International Perspectives on Reform. New York: Teachers College Press, 1994. Cap. 5. Disponível

em <https://education.usask.ca/documents/profiles/aikenhead/sts05.htm> Acesso em 11/06/2020

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.) *Ensino de Ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33. 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: 2018.

CHAMIZO GUERRERO, J. A. Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 2007. p.133-146.

GAMA, L. D.; ZANETIC, J., Abrindo caixas pretas em aulas de Física: Uma reflexão educacional a partir dos conceitos de Bruno Latour In: SNEF, XX, São Paulo, 2013

Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0687-2.pdf>

Acesso em: 11/06/2020

JIMENEZ – ALEIXANDRE, M.P. El alunado argumenta se si su papel en classe lo requiere. In: *10 Ideas Claves – Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Espanha. Editorial Graó, 2010. p.155-171.

JIMENEZ – ALEIXANDRE, M.P.; BROCCOS, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. *Revista Ensaio*. v.17 n.especial,p. 139-159, 2015 Disponível em

<https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00139.pdf> Acesso em 11/06/2020.

KRITSCH, R. Ilha das Canárias, no Maranhão, vive o sonho do moto-contínuo. *O Estado de São Paulo*, caderno especial: Descobrimo o Brasil, São Paulo, p. D10-11, 13 fev. 2000. Disponível em (página d10) <http://acervo.estadao.com.br/pagina/!/20000213-38834-nac-0214-cd2-d10-not> (página d11) <http://acervo.estadao.com.br/pagina/!/20000213-38834-nac-0215-cd2-d11-not> Acesso em 10/06/2020

LATOUR, B. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. 2ª edição. São Paulo: Unesp, 2011.

OLIVEIRA, M. A. Estudos de laboratório no ensino médio a partir de Bruno Latour. *Educação e Realidade*. v.31(1). Pg. 163-182. UFRGS, 2006. Disponível

em <http://seer.ufrgs.br/educacaoerealidade/article/view/22994/13267> Acesso em 11/06/2020.

RODRIGUES, C. F. M. Irreversibilidade In: VIANNA, D. M. (org.) *Temas para o ensino de Física com abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Rio de Janeiro: Bookmakers, 2012. p.112-134.

RODRIGUES, C. F. M. *Irreversibilidade e degradação da energia numa abordagem para o ensino médio*. 2014. 141f. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em

https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2014_Carlos_Rodrigues/dissertacao_Carlos_Rodrigues.pdf Acesso em 11/06/2020

SASSERON, L. H.. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Online)*, v. 17, p. 49-67, 2015. Disponível

em https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198321172015000400049&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt Acesso em 11/06/2020

TOULMIN, S. E., *Os usos do argumento*. 2ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

WILSEK, M.A.G. e TOSIN J.A.P. *Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental através da resolução de problemas*. Portal de Educação do Estado do Paraná: Dia-a-dia @Educação, 2009.