

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

JOSÉ EUZÉBIO SIMÕES NETO

**UMA PROPOSTA PARA O PERFIL CONCEITUAL DE
ENERGIA EM CONTEXTOS DO ENSINO DA FÍSICA E DA
QUÍMICA**

Recife

2016

JOSÉ EUZEBIO SIMÕES NETO

**UMA PROPOSTA PARA O PERFIL CONCEITUAL DE
ENERGIA EM CONTEXTOS DO ENSINO DA FÍSICA E DA
QUÍMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ensino das ciências.

ORIENTADORA: Edenia Maria Ribeiro do Amaral

Recife

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S614p Simões Neto, Jose Euzebio
Uma proposta para o perfil conceitual de energia em contextos
do ensino da física e da química / Jose Euzebio Simões Neto. – 2016.
251 f. : il.

Orientadora: Edenia Maria Ribeiro do Amaral.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, BR-PE,
2016.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Física – Estudo e ensino 2. Química – Estudo e ensino
3. Energia I. Amaral, Edenia Maria Ribeiro do, orient. II. Título

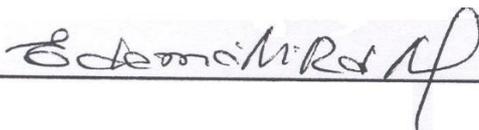
CDD 507

UMA PROPOSTA PARA O PERFIL CONCEITUAL DE ENERGIA EM CONTEXTOS DO ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA

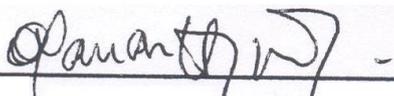
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ensino das Ciências, da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Doutor em Ensino das ciências.

Em: 29/08/2016

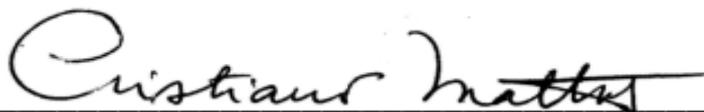
COMISSÃO AVALIADORA



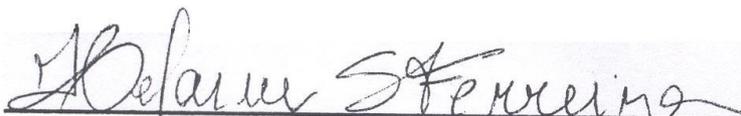
Profa. Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral (Orientadora)
UFRPE



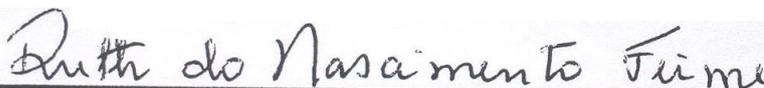
Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior
UFMG



Prof. Dr. Cristiano Rodrigues Mattos
USP



Profa. Dra. Helaine Sivini Ferreira
UFRPE



Profa. Dra. Ruth do Nascimento Firme
UFRPE

*Parafraseando Raul,
Dedico essa tese,
Com amor e com medo...
Com amor e com medo...
A todos aqueles que me ajudaram...
Ontem, hoje, sempre e até o dia de ir embora.*

AGRADECIMENTOS

Recentemente, ao ver uma publicação no Facebook, percebi que eu tenho problemas em agradecer. Eu prefiro me desculpar. E as pessoas sempre escutam um pedido de desculpas meu, mesmo que não se tenha nada para ser desculpado. Como exercício para trabalhar tal limitação, exigi de mim mesmo que os agradecimentos pelas ajudas e colaborações nesse trabalho fossem extensos. E dessa forma, começo a tentar aprender a agradecer, em um momento marcante de minha vida, em que realmente preciso agradecer muitas pessoas.

Início agradecendo as pessoas de maior convivência, e que, por essa razão, são aquelas que possuem a maior possibilidade em ajudar, mas também a maior possibilidade de atrapalhar no processo exaustivo e desgastante que é realizar a pesquisa e escrever uma tese de doutorado. Destaco o primeiro doutor da minha casa, Djalma Simões, que muito me incentivou a realizar os estudos de pós-graduação. Além dele, merecem destaque nesse grupo: Cecília Veras, pelo carinho e incentivo em todas as etapas da minha formação, Fátima Simões, por todos os gritos de “vá estudar” que ouvi durante minha vida escolar, Marília, Rafael, Caio, Lara e Lua, por estarem várias vezes disponíveis para um momento de descanso e pelas diversas vezes que me atrapalharam com gritos, músicas e afins.

Faço um agradecimento especial a minha orientadora, Edenia Amaral, por toda atenção e compreensão que teve durante esses quatro anos em que dei muito trabalho. Eu sei que sou uma pessoa difícil e que não sou o melhor dos orientandos, por isso é fundamental agradecer por ter me ensinado muita coisa em todo o tempo de convivência. Coisas muito maiores que essa tese ou que ensino de química.

Gostaria também de mostrar gratidão a meus orientadores em outros momentos da minha formação, que para mim são eternos orientadores. Antônio Carlos Pavão, na monografia de graduação, mesmo estando fora da nossa área de conforto, eu e ele, me ensinou bastante sobre química, história da química e sobretudo sobre a vida. Muito da forma de enxergar o mundo que eu tenho hoje e me orgulho foi construída a partir de seus ensinamentos. No mestrado, Angela Campos e Cristiano Marcelino Júnior tiveram bastante trabalho em transformar um sujeito duro e com pouco jeito para a pesquisa em alguém capaz até de orientar trabalhos de monografia com certo êxito. Sou eternamente grato a eles.

Estendo o agradecimento aos professores que foram fundamentais na minha formação, da graduação ao doutorado. Citarei alguns, sabendo que posso cometer alguma injustiça, mas esses são aqueles que me transformaram: Arnaldo Carvalho, William Rocha, Arnóbio Gama, Ivani Malvestiti, Ricardo Ferreira, Heloísa Bastos (uma deusa), Anna Paula Brito (outra deusa), Marcelo Carneiro Leão, Helaine Sivini e Analice Lima.

Um agradecimento que pensei que jamais faria, mas que faço com toda a atenção merecida: a minha turma de doutorado, por ter aguentado, às vezes, conviver comigo: Sílvia, Fernando (meu amigo desde o mestrado), Kalina, Íris, Graça, Eney e Adelmo.

Agradeço aos amigos que fiz na graduação e mestrado e que sem eles eu não seria quem sou: Carol Pacheco, Júlio, Renaldo, Rodrigo Mochila, Macarrão, Gabriel Zamorano, Eduardo Castro, Fauston, Paulo Marcelo, Albano, Fred, Mauro e Roberta (incorporados aqui por motivos sentimentais), Dudley, Guilherme, Rocha, Edeson, Agilson e tantos outros, que injustamente eu esqueço de mencionar.

Destaco as contribuições ao desenvolvimento da tese a três amigos especiais, que funcionaram como co-orientadores postíços no desenvolvimento desse trabalho: João Tenório, Flávia Vieira e Ana Pontes. Sem a ajuda e incentivo, eu não conseguiria concluir o trabalho que aqui apresento.

Agradeço também aos professores que auxiliaram na coleta dos dados de sala de aula dessa pesquisa. Contei com a colaboração mais que especial do professor Francisco Nairon, da UFRPE, e dos professores Caio Bispo, meu amigo e inspiração, e Joseane Soares, por toda a ajuda e atenção na escola na qual coletei os dados com alunos do Ensino Médio. Esse agradecimento se estende aos estudantes que cordialmente participaram da pesquisa. Sem eles o trabalho não poderia ser realizado.

Agradecimento especial ao NUPEDICC, Núcleo de Pesquisa em Didática e Conceituação em Ciências, da UFRPE, onde encontrei companheiros de trabalho e sobretudo amigos. Pessoas como Maria Eduarda, Ana Lúcia (colega de mestrado e importantíssima na obtenção dos artigos sobre as concepções informais para o conceito de energia), Bruna Herculano, Jaqueline Sabino, Toninho, Verônica e Ruth.

Agradeço a professora Carol Persivo, uma das maiores apoiadoras que encontrei, sobretudo nesse cansativo e pesado último ano de doutorado.

Como acredito que aprendizagem é uma via de mão dupla, devo profunda gratidão aos meus alunos. Incluindo minha experiência no Ensino Médio, já devo ter

mais de 2000 estudantes. Agradeço a todos (ou quase), e cito alguns, que são bem representativos na minha trajetória, cometendo injustiça de não citar alguns e lembrando que outros foram citados em grupos anteriores: Suzana Santos, Hiccaro, Mauricéa, Jéssica, Rebecca, Hemerson, Carina, Erica Mourato, Denize, Larissa, Priscila, Djaneide, Felipe, Gerciclea, Gutho e Cláudia Alves.

Agradeço também a amigos vindos de diversos locais, que estiveram presentes nas minhas angustias com relação a tese e sempre incentivando, profissionalmente ou tomando cervejas, para que o trabalho tenha sido desenvolvido: Ayron e Kátia Caligaris, por tornarem próximo um sonho de mais de dez anos. Pedro Henrique e Fábio Bottentuit, pelas amizades mais antigas que me lembro. André, Kainã, Florentino, Luísa e o pessoal que gosta de uma cerveja boa. Bruno Leite, Joana, Ricardo Oliveira, Ehrick Melzer, Gus, Bárbara, Chassot, Márlon, Angélica (minha futura orientadora de pós-doutorado), Thiago Pereira, Patrícia, Túlio Couto e Renato. Agradeço aos professores do departamento de Química da UFRPE, ao qual faço parte, pela compreensão durante o afastamento para conclusão da tese.

Finalizo agradecendo a pessoas que eu não conheço pessoalmente. São os heróis que se acotovelam em nossas telas, e que nos ficamos olhando, admirando e exaltando, enquanto chupamos balas: Jesus Cristo (só ele, não o seu fã clube), Cristiano Ronaldo, Dilma Rousseff, Syd Barrett, Roger Waters (Deus), Fred Zero Quatro, Chico Science, Quentin Tarantino, Alejandro Iñárritu, Subcomandante Marcos, Fidel Castro, Che Guevara, Dom Hélder e Grafite. Por fim, agradeço a Shaka de Virgem, Goku, Hellboy e ao maior trio que você respeita: Luke Skywalker, Leia Organa e Han Solo (eles não existem, eu sei, mas eu devo agradecer a quem me inspira).

Obviamente essa lista é falha e muitas outras pessoas deveriam estar aqui, mas preciso terminar esses agradecimentos. Obrigado!

*E se apagam as luzes! Violenta,
A cortina, funérea mortalha,
Sobre os trêmulos corpos se espalha,
Ao tombar, com rugir de tormenta.
Mas os anjos, que espantos consomem,
Já sem véus, a chorar, vêm depor
Que esse drama, tão tétrico, é "O Homem"
E o herói da tragédia de horror
É o Verme Vencedor.*

(O Verme Vencedor, Poe)

And the sea is not green
And I love the Queen
And what exactly is a dream?
And what exactly is a joke?

(Barrett)

*As naves são banidas dos céus
Cabeças de dragão vão rolar
Os lobos vêm lamber os seus pés
Ciclopes já não podem enxergar*

(Siba)

*Primeiro as pernas voaram
De borracha, de nada
Ou músculo leve
Salto livre
O suficiente pra planar
E o corpo todo foi atrás*

(Almir e Marco Polo)

RESUMO

A presente pesquisa de doutorado busca a proposição de um perfil conceitual para o conceito de energia considerando os diferentes significados atribuídos a esse conceito em contextos diversos e que circulam em situações de aprendizagem de Física e Química. Nesse sentido, a pesquisa foi desenvolvida em disciplinas dos cursos de Licenciatura em Física e Química, e com uma turma do Ensino Médio.

Para a teoria dos perfis conceituais, utilizada nesse trabalho, pessoas exibem diferentes maneiras de ver e conceituar o mundo, ou seja, diferentes modos de pensar os conceitos, que são utilizados em contextos distintos. Dessa forma, um perfil conceitual modela a diversidade de modos de pensar ou significar determinado conceito, e é constituído por várias zonas.

De acordo com a metodologia proposta pelo programa de pesquisa sobre o perfil conceitual, buscamos trabalhar a partir de três dos domínios genéticos de Vigotski, a saber: sociocultural, ontogenético e microgenético, e foram utilizadas as seguintes fontes de dados para identificar modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia: fontes históricas secundárias do desenvolvimento do conceito, literatura sobre concepções informais relativas ao conceito de energia, dados obtidos em questionários aplicados e nas interações discursivas estabelecidas em sala de aula. Foi proposta uma intervenção didática, aplicada em uma turma da licenciatura em Física, uma turma da licenciatura em Química e uma turma do segundo ano do Ensino Médio. O questionário aplicado era composto de quatro questões, das quais três foram analisadas para a construção do perfil conceitual. As interações discursivas foram analisadas a partir das discussões em sala de aula em um debate guiado por cinco situações-problemas, que utilizavam cinco diferentes contextos de uso do conceito de energia.

A análise dos dados possibilitou à construção de uma matriz de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia em contexto do ensino da Física e da Química, fundamentais no reconhecimento dos compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos e a proposição das zonas para o perfil conceitual de energia: energia como algo espiritual ou místico, energia funcional/utilitarista, energia como movimento/atividade óbvia, energia como algo material, energia como agente causal das transformações e energia como grandeza que se conserva.

Palavras-chave: Energia. Perfil Conceitual. Ensino de Física e Química.

ABSTRACT

This doctoral research aims to propose a conceptual profile to the concept of energy considering the different meanings given to that concept in different contexts and circulating in situations of Physics and Chemistry learning. In this sense, the research was developed in disciplines of degrees in Physics and Chemistry, and with a group of secondary school.

For the theory of conceptual profiles, used in this work, people exhibit different ways of seeing and conceptualizing the world, that is, different ways of thinking concepts, which are used in different contexts. Thus, a conceptual profile models the diversity of ways of thinking or mean certain concept, and consists of several areas.

According to the methodology proposed by the research program on the conceptual profile, we seek to work from three genetic domains of Vigotski, namely: socio-cultural, ontogenetic and microgenetic, and the following sources of data were used to identify ways of thinking and ways to talk about the concept of energy: secondary historical sources of the development of concept, literature on informal concepts for energy concept, data from questionnaires and discursive interactions established in the classroom. It proposed a didactic intervention, applied to a class degree in Physics, a class of degree in chemistry and a group of second year of secondary school. The questionnaire consisted of four questions, three of which were analyzed for the construction of the conceptual profile. The discursive interactions were analyzed from the discussions in the classroom in a guided discussion for five problems-situation, which used five different contexts of the concept of energy use.

Data analysis enabled the construction of an array of ways of thinking and ways of talking about the concept of energy in the context of physics and chemistry, fundamental recognition of the epistemological, ontological and/or axiological commitments and the proposition of the zones for conceptual profile of energy: energy as something spiritual or mystical, energy functional/utilitarist, energy as movement/obvious activity, energy as something material, energy as the causal agent of change and energy as quantity that is conserved.

Keywords: Energy. Conceptual Profile. Physics and Chemistry Teaching.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1: Metodologia de proposição de um perfil conceitual.....	46
Gráfico 1: Tendências de Ocorrência Anual na Publicação de Trabalhos Sobre Perfil Conceitual.....	55
Gráfico 2: Tendências de Ocorrência Regional na Publicação de Trabalhos Sobre Perfil Conceitual.....	57
Gráfico 3: Tendências para Natureza da Pesquisa nos Trabalhos Sobre Perfil Conceitual.....	58
Figura 2: Experimento de Rumford.....	72
Figura 3: Montagem experimental de Colding.....	76
Figura 4: Montagem experimental de Joule.....	77
Figura 5: O perfil conceitual para o conceito de energia.....	205

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Trabalhos sobre Perfil Conceitual identificados na análise de tendências	50
Quadro 2: Disciplina de Origem dos Conceitos Perfilados.....	56
Quadro 3: Processos de conversões conhecidos.....	78
Quadro 4: Síntese da trajetória histórica desenvolvida para o conceito de energia na ciência.....	85
Quadro 5: Algumas formas de energia e suas expressões analíticas.....	91
Quadro 6: Esquema 1 – energia centrada no homem (WATTS, 1983)	108
Quadro 7: Esquema 2 – modelo repositório de energia (WATTS, 1983)	109
Quadro 8: Esquema 3 – energia como ingrediente (WATTS, 1983)	109
Quadro 9: Esquema 4 – energia como atividade óbvia (WATTS, 1983)	110
Quadro 10: Esquema 5 – energia é um produto (WATTS, 1983)	110
Quadro 11: Esquema 6 – energia é funcional (WATTS, 1983)	111
Quadro 12: Esquema 7 – modelo de transferência de fluxo de energia (WATTS, 1983)	111
Quadro 13: Ciência versus Pseudociência.....	116
Quadro 14: Energia no domínio das pseudociências.....	117
Quadro 15: Perguntas do questionário para levantamento de concepções sobre energia.....	124
Quadro 16: Textos jornalísticos e imagens publicitárias utilizados no segundo momento da intervenção.....	126
Quadro 17: Situações-Problema sobre Energia em diferentes contextos.....	128
Quadro 18: Primeira Matriz de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia.....	148
Quadro 19: Respostas da primeira questão – Licenciatura em Química.....	152
Quadro 20: Respostas da terceira questão – Licenciatura em Química.....	154
Quadro 21: Respostas da quarta questão – Licenciatura em Química.....	156
Quadro 22: Respostas da primeira questão – Licenciatura em Física.....	158
Quadro 23: Respostas da terceira questão – Licenciatura em Física.....	159
Quadro 24: Respostas da quarta questão – Licenciatura em Física.....	162
Quadro 25: Respostas da primeira questão – Ensino Médio.....	163
Quadro 26: Respostas da terceira questão – Ensino Médio.....	165
Quadro 27: Respostas da quarta questão – Ensino Médio.....	166
Quadro 28: Legenda dos sinais gráficos utilizados na transcrição dos episódios.....	169
Quadro 29: Episódio 1LQ – Estímulo à força e Armazenamento de Energia no Corpo..	171
Quadro 30: Episódio 2LQ – Processos que envolvem a Energia para acontecer.....	174
Quadro 31: Episódio 3LQ – Energia Esotérica e Mística, e acreditamos nela.....	176
Quadro 32: Episódio 4LQ – No carrinho a energia não se conserva.....	179
Quadro 33: Episódio 1LF – Energia seria uma fonte para realizar trabalho.....	182
Quadro 34: Episódio 2LF – Transformação de Energia.....	184
Quadro 35: Episódio 3LF – Que nada a ver do caramba!.....	186
Quadro 36: Episódio 4LF – A entropia não permite isso!.....	189
Quadro 37: Episódio 1EM – Comer mais ou menos energia.....	192
Quadro 38: Episódio 2EM – O Sol.....	194
Quadro 39: Episódio 3EM – Energia pode se transformar em todas as outras?.....	196
Quadro 40: Episódio 4EM – Ao infinito e além!.....	198
Quadro 41: Síntese das Formas de Falar e Modos de Pensar a Energia nos dados da sala de aula.....	202

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1. OS PERFIS CONCEITUAIS	23
1.1 A TEORIA DOS PERIS CONCEITUAIS	23
1.2 O PERFIL CONCEITUAL E O PROCESSO DE CONCEITUAÇÃO.....	28
1.3 Viés pragmatista do perfil conceitual.....	31
1.4 Bases metodológicas da teoria dos perfis conceituais	36
1.4.1 Os Domínios Genéticos de Vigotski e o Perfil Conceitual	36
1.4.2 Metodologia de Proposição de Perfis Conceituais	42
1.5 Análise de Tendências da Produção Brasileira Sobre o Perfil Conceitual.	47
1.5.1 Ano da Publicação	54
1.5.2 Disciplina de Origem do Conceito	56
1.5.3 Região da Publicação	57
1.5.4 Natureza da Pesquisa.....	58
1.5.5 Nível de Ensino.....	59
2. ORIGEM E DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DO CONCEITO DE ENERGIA	61
2.1 <i>Energía</i> - A gênese do termo energia	62
2.2 O Complexo Força-Energia e a Controvérsia da <i>Vis-viva</i>	65
2.3 O Calor: Fluido ou Movimento?.....	68
2.4 A Busca pelo Equivalente Mecânico do Calor	74
2.5 A Conservação da Energia.....	81
2.6 Considerações: Possível Trajetória Histórica do Conceito de Energia	84
3. CONCEPÇÕES SOBRE O CONCEITO DE ENERGIA	87
3.1 O conceito de energia em situações de ensino.....	89
3.1.1 Classificação da energia quanto à origem e à natureza	91
3.1.2 O Princípio da Conservação de Energia e a Primeira Lei da Termodinâmica	94
3.1.2 Distribuição e Degradação da Energia e a Segunda Lei da Termodinâmica.....	97
3.1.4 O Conceito de Energia no Ensino da Física e da Química.....	100
3.2 Concepções Informais sobre o Conceito de Energia.....	103
4. METODOLOGIA DA PESQUISA	119
4.1 Obtenção dos Dados da Literatura.....	120
4.2 Obtenção dos Dados Empíricos em Sala de Aula	121
4.2.1 Sujeitos da Pesquisa em Sala de Aula.....	121
4.2.2 Elaboração e Aplicação da Intervenção Didática	122
4.3 Metodologia para Análise dos Dados de Sala de Aula.....	131

4.3.1 Análise das respostas ao questionário.....	132
4.3.2 Análise dos episódios selecionados das interações discursivas	132
4.4 Elaboração de uma Matriz de Modos de Pensar e Formas de Falar	136
5. MATRIZ DE MODOS DE PENSAR E FORMAS DE FALAR O CONCEITO DE ENERGIA...	138
5.1 Energia: Um Ontoconceito	138
5.2 Propondo uma Matriz Inicial de Formas de Falar o Conceito de Energia.....	141
5.2.1 Energia Associada a Transformação	143
5.2.2 Clasificação Quanto à Natureza e à Origem da Energia	143
5.2.3 Energia como Algo Material	144
5.2.4 Energia como Movimento	145
5.2.5 A Visão Científica da Energia.....	146
5.2.6 A Visão Pseudocientífica da Energia	147
6. UMA PROPOSTA PARA O PERFIL CONCEITUAL DE ENERGIA	151
6.1 Análise dos Questionários	151
6.1.1 Licenciatura em Química	152
6.1.2 Licenciatura em Física	157
6.1.3 Estudantes do Ensino Médio.....	163
6.2 Análise das Interações Discursivas no Debate	168
6.2.1 Licenciatura em Química	170
6.2.2 Licenciatura em Física	182
6.2.3 Ensino Médio	191
6.3 Uma Proposta para o Perfil Conceitual de Energia	204
6.3.1 Energia como Algo Espiritual ou Místico	205
6.3.2 Energia Funcional/Utilitarista.....	207
6.3.3 Energia como Movimento/Atividade Óbvia.....	208
6.3.4 Energia como algo Material.....	209
6.3.5 Energia como Agente Causal das Transformações.....	210
6.3.6 Energia como Quantidade que se Conserva.....	211
7. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	214
REFERÊNCIAS	218
APÊNDICES.....	232

INTRODUÇÃO

Nesse trabalho buscamos propor um perfil conceitual para o conceito de energia no contexto do ensino da Física e da Química, partindo da hipótese de que esse conceito admite vários significados, ou seja, apresenta polissemia, que podem ser úteis em determinados contextos, o que justifica a proposição de um perfil conceitual. Para tanto, buscamos os diferentes significados em estudos que constituem fontes históricas secundárias, trabalhos de levantamento e classificação de concepções informais no Ensino das Ciências, questionários aplicados a estudantes no Ensino Médio e na formação inicial de professores e análise das discussões em sala de aula, em situações de ensino do conceito em tela.

A teoria dos perfis conceituais (MORTIMER, 1996/2000) estabelece que um conceito pode ser compreendido por um sujeito de diversas maneiras que podem ser utilizadas em contexto apropriado, e cada uma delas está suportada em compromissos epistemológicos, ontológicos ou axiológicos distintos, que movem o indivíduo a desenvolver determinada concepção. Para o Perfil Conceitual de determinado conceito são constituídas zonas, que representam diferentes formas de falar e modos de pensar sobre a realidade, ou seja, diferentes formas de compreender o significado e o uso daquele conceito. Várias zonas podem conviver em um mesmo indivíduo, traduzindo uma pluralidade de compromissos epistemológicos e ontológicos e axiológicos, cada um sendo utilizado em um contexto mais apropriado (MORTIMER, 2001; COUTINHO, 2005, ARAÚJO, 2014).

Assim, podemos entender que, ao aprender um novo significado para determinado conceito, por exemplo, o científico, essa nova ideia passa a conviver com as ideias anteriores, admitindo a convivência entre o senso comum, conhecimentos escolares, conhecimentos científicos e outros, que constituem as zonas do perfil conceitual (VAIRO e REZENDE FILHO, 2013; MORTIMER e EL-HANI, 2014). Desse modo, a teoria dos perfis conceituais apresenta uma concepção do Ensino das Ciências na qual o estudante não precisa abandonar concepções não-científicas, admitindo que elas permanecem válidas em alguns contextos e, portanto, devem conviver com as novas concepções, sendo utilizadas quando possuírem valor pragmático associado ao contexto.

Acreditamos que a existência de uma proposta de perfil para o conceito de energia, pode permitir conhecer melhor as diferentes concepções que encontram estabilidade em diferentes contextos, para esse conceito, o que poderia facilitar a compreensão das visões expressas nas salas de aula, pelo professor e pelos alunos, em momentos de discussões e debates.

Assim como Sabino (2015), consideramos que uma das maiores possibilidades de utilização de um perfil conceitual, no contexto da sala de aula, é como instrumento central no planejamento de atividades e aulas, uma vez que reconhecer o espectro de modos de pensar e formas de falar sobre determinado conceito pode influenciar em uma melhor identificação dos obstáculos na aprendizagem, reconhecer os contextos de utilização de cada significado em que encontra valor pragmático e trabalhar com estratégias que auxiliem os estudantes a conhecer as diferentes zonas de um perfil conceitual e ter consciência dos diferentes contextos de utilização.

O trabalho de proposição de um perfil conceitual é bastante complexo, e está associado aos domínios genéticos propostos por Vigotski (WERTSCH, 1988), em especial três desses domínios: sociocultural, ontogenético e microgenético, que são importantes no processo de conceitualização. Logo, para que seja proposto um perfil conceitual para determinado conceito, buscamos trabalhar com uma diversidade de fontes para obtenção dos dados, que devem ser trabalhos em uma metodologia específica (MORTIMER et al., 2014), em um jogo dialógico. Assim, os dados obtidos de maneira empírica e os dados obtidos a partir de um estudo teórico da literatura são constantemente visitados e revisitados, para o estabelecimento das zonas que formam o perfil conceitual.

Vários perfis conceituais foram propostos desde o surgimento da teoria, em diversos campos. Na Química, destacamos os perfis conceituais de átomos e estados físicos da matéria (MORTIMER, 1995, 2000), molécula (MORTIMER, 1997) e substância (SILVA, 2011). Na fronteira entre a Física e a Química, destacamos os perfis conceituais de calor (AMARAL e MORTIMER, 2001) e entropia e espontaneidade (AMARAL, 2004). Na biologia, aparecem os perfis conceituais de vida (COUTINHO, 2005), adaptação biológica (SEPÚLVEDA, 2010) e morte (NICOLLI e MORTIMER, 2012). Na matemática, o primeiro perfil conceitual apresentado foi o de equação (RIBEIRO, 2013). Esses e outros trabalhos, como por exemplo Viggiano e Mattos (2007), Mortimer, Scott e El-Hani (2009), Dalri (2010), Araújo (2014), Sabino (2015) e Diniz-Jr, Silva e Amaral (2015) contribuíram para a ampliação das bases

teóricas, epistemológicas e metodológicas do programa de pesquisa em perfis conceituais.

Esse desenvolvimento de perfis conceituais e do seu programa de pesquisa levou a uma incorporação de um arcabouço teórico relacionado com a teoria da linguagem do círculo de Bakhtin, da teoria de Vigotski e da ferramenta analítica para interações discursivas em sala de aula. O perfil conceitual está baseado na ideia que pessoas exibem diferentes formas de ver o mundo, e assim, diferentes modos de pensar que são usados de maneira eficiente em diferentes contextos. Assim, cada perfil conceitual proposto “modela a diversidade de modos de pensar ou de significação de um conceito” (MORTIMER et al., 2014, p.14, tradução nossa).

A pesquisa relacionada com a proposição de perfis foi estruturada inicialmente em função de um grupo de três conceitos mais amplos – matéria, energia e vida – chamados de ontoconceitos e que apresentam modos de pensar e formas de falar que são relacionados a outros conceitos e são utilizados em diferentes contextos, além do científico (MORTIMER e EL-HANI, 2014). Assim, os perfis conceituais disponíveis na literatura estão associados a conceitos maiores, relacionados a estruturas bastante fundamentais nas ciências naturais, como a Biologia, a Física e Química.

Para essa pesquisa, escolhemos propor um perfil conceitual para um dos ontoconceitos que guiam o programa de pesquisa, a energia, em uma perspectiva do ensino da Física e da Química. Tal conceito está associado a dois outros para os quais já foram propostos perfis conceituais (calor e entropia e espontaneidade), que apresentam modos de pensar e significar bastante distintos e de valor pragmático em contextos apropriados.

As características do conceito de energia o fazem um conceito interessante de ser perfilado. Existem muitos modos de pensar e muitas formas de falar sobre a energia, uma polissemia associada ao termo, que influencia nas discussões conceituais na sala de aula. Essa polissemia fica evidente quando observamos as manifestações sobre o conceito em diferentes contextos, tais como: "cálculo relativo à energia mecânica" (ciência), "você precisa comer para repor as suas energias" (senso comum) ou "você precisa energizar esse ambiente" (místico, esotérico, espiritual). Todos esses modos de pensar encontram valor pragmático, ou seja, possui significado em algum contexto de utilização e devem ser consideradas na abordagem da energia em quaisquer situações, inclusive na sala de aula.

Ainda, destacamos a evolução histórica longa e complexa (JACQUES e PINHO-ALVES, 2008), o caráter abstrato do conceito (BUNGE, 2000; BARBOSA e BORGES, 2006), a recorrente utilização da palavra energia por outras comunidades, além da científica, muitas vezes associados a questões místicas e espirituais (MICHINEL e D'ALESSANDRO, 1994; ARIAS, 2002; ARIAS, 2005) e a grande utilização em situações de aprendizagem, sendo fundamental para o entendimento de diversos outros conceitos, na Física e na Química.

Diante do exposto, o principal problema de pesquisa que guia o desenvolvimento desse projeto é: **Como modos de pensar sobre energia, que emergem em diferentes contextos, podem ser organizadas em termos de um perfil conceitual para energia?**

O objetivo principal dessa tese é propor um perfil conceitual para o conceito de energia no contexto do ensino da Física e da Química. Para auxiliar no cumprimento desse objetivo, um conjunto de objetivos específicos foram elaborados:

1. Elaborar uma trajetória para o desenvolvimento histórico do conceito de energia, procurando por significados estabilizados em determinados períodos.
2. Identificar compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos em concepções sobre energia, que são encontradas na literatura.
3. Propor zonas para um perfil conceitual de energia no contexto do ensino da Física e da Química.
4. Analisar como as zonas do perfil conceitual proposto emergem na discussão de estudantes em sala de aula.

Para a execução da pesquisa, delineamos um caminho metodológico para a proposição das zonas do perfil conceitual de energia, tomando por base Coutinho (2005), Amaral e Mortimer (2006), Sepúlveda, Mortimer e El-Hani (2013) e Mortimer e colaboradores (2014), obtendo dados a partir da consulta a fontes históricas secundárias sobre o conceito de energia, da análise de trabalhos sobre concepções alternativas e de dados obtidos a partir de questionário e análise das interações discursivas de estudantes, em momento de debate, dentro de uma intervenção didática.

Na pesquisa com as fontes históricas secundárias para o conceito de energia, verificamos que o desenvolvimento desse conceito e do princípio da sua conservação

não ocorreu de forma linear. Alguns interessantes debates foram realizados por correntes de pensamento distintas, como na disputa da *vis-viva* e nos diferentes modos de pensar o calor, mecanicista e substancialista. Para a ciência contemporânea, a energia pode ser considerada um conceito central, presente em estudos de todas as ciências da natureza – Física, Química, Biologia, Geologia – e também, dada a importância dos recursos energéticos para a vida humana e o ambiente, também tem aspectos estudados nas ciências sociais e humanas (ILTIS, 1971; ORNELLAS, 2006; SMITH, 2006; BUCUSSI, 2007).

Ao realizar a pesquisa com as concepções informais, em estudos de diferentes naturezas e com estudantes de diversos níveis de ensino e até profissionais da educação e outras áreas, percebemos uma tendência nesses trabalhos em criar categorias de agrupamento dessas formas de falar que estão associadas a modos distintos de pensar o conceito de energia. Destacamos os trabalhos de Watts (1983), que apresenta uma classificação das ideias sobre energia em sete grupos, a saber: energia centrada no homem, modelo depositário de energia, energia como ingrediente, atividade óbvia, produto, funcional e modelos de transferência de fluxo de energia. Esses grupos serviram como base para o desenvolvimento de propostas de identificação e classificação de concepções informais sobre energia posteriores, como por exemplo os trabalhos de Driver e colaboradores (1994) e Pacca e Henrique (2004), que apresentam concepções um pouco diferentes, mas com a mesma base de organização apresentada por Watts na década de 1980.

Para a obtenção dos dados empíricos dessa pesquisa, criamos uma intervenção didática sobre o conceito de energia, que foi aplicada em três diferentes contextos educacionais: uma turma do sexto período do curso de licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, campus Dois Irmãos, uma turma do sexto período da licenciatura em Física da mesma instituição e campus e uma turma do Segundo Ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino situada na cidade de Olinda, região metropolitana do Recife. Para a construção do perfil conceitual para o conceito físico-químico de energia, consideramos os dados oriundos de um questionário de concepções aplicado no primeiro momento da intervenção e a análise de episódios de interações discursivas que se originaram em um debate, integrante do último momento da intervenção.

Nos dados empíricos, percebemos diversas formas de falar o conceito de

energia, que podem ser associados a modos de pensar o conceito, que possibilitaram a proposição de uma matriz de formas de falar e modos de pensar sobre energia, que serviu, mediante reformulação em momentos distintos, para a proposição inicial e, posteriormente, a proposição definitiva, para esse trabalho, de um perfil conceitual para o conceito de energia nos contextos do ensino da Física e da Química.

Todos os modos de pensar energia identificados inicialmente emergiram nas respostas dos questionários e nas interações discursivas, o que confirma as hipóteses iniciais para as zonas do perfil conceitual para o conceito físico químico de energia. Desta forma, partindo dessas diferentes formas de falar, buscamos compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos que pudessem fundamentar as possíveis zonas do perfil conceitual.

Assim, após a análise detalhada dos dados oriundos da pesquisa empírica e dos estudos teóricos, estabelecemos os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos necessários para a proposição de um perfil conceitual para o conceito de energia, composto por seis zonas, a saber: energia como algo espiritual ou místico, energia funcional/utilitarista, energia como movimento/atividade óbvia, energia como algo material, energia como agente causal das transformações e energia como quantidade que se conserva.

O Perfil Conceitual de Energia amplia as propostas realizadas nessa temática, somando ao corpo de perfis conceituais relacionados, a saber: calor e entropia e espontaneidade, contribuindo para uma visão conceitual múltipla nos estudos de diversos campos da Física e da Química, como a mecânica, a termodinâmica, o eletromagnetismo e a termodinâmica química. Ainda, energia é um tema que perpassa várias disciplinas, como a Química, a Física e a Biologia, e um perfil conceitual pode ajudar o professor no planejamento de situações de ensino que levem em consideração os múltiplos modos de pensar e as múltiplas formas de falar sobre o conceito, nos mais diversos contextos associados a ciência, ciência escolar e senso comum. Devido a essa ampla abrangência do conceito, fizemos a escolha de trabalhar com o conceito em tela nos contextos do ensino da Física e da Química. Trabalhos futuros, envolvendo outros contextos, podem levar o perfil conceitual apresentado nesse trabalho a ampliações ou reformulações.

Esse trabalho é dividido em sete capítulos, além dessa introdução. No primeiro capítulo apresentamos a teoria dos perfis conceituais, com a descrição dos seus

pressupostos teóricos, epistemológicos e metodológicos. Nesse capítulo também apresentamos uma análise de tendências de pesquisa em perfis conceituais. Os capítulos dois e três estão relacionados com estudos sobre o conceito de energia, respectivamente: Origem e desenvolvimento histórico do conceito de energia, no qual discutimos uma possível trajetória histórica desenvolvida para o conceito a partir de fontes históricas secundárias; e concepções sobre o conceito de energia, com uma descrição sobre o conceito e a análise de vários trabalhos encontrados na literatura sobre concepções informais de energia. O quarto capítulo apresenta a metodologia de obtenção dos dados da literatura e do campo empírico, utilizando como instrumentos questionário e gravação de discussões sobre o tema energia em sala de aula. O capítulo cinco apresenta a matriz de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia. A análise dos dados de sala de aula, em conjunto e em jogo dialógico constante com os dados apresentados nos capítulos dois, três e cinco possibilitou a proposição de um perfil conceitual de energia, apresentado no capítulo seis. É importante salientar que a ordem escolhida para os trabalhos tem finalidade dar uma coerência e melhorar o entendimento da pesquisa, pois os dados foram sempre trabalhados de maneira integrada e não por etapas. O capítulo sete apresenta algumas considerações sobre o trabalho apresentado nessa tese.

CAPÍTULO 1

Os Perfis Conceituais

Nas décadas de 1970 e 1980, as pesquisas em Ensino de Ciências tomaram por base um modelo em que se buscava identificar as ideias prévias e/ou alternativas dos estudantes, e direcionar as atividades de ensino visando a substituição destas por conceitos científicos estabilizados, tomando por base teorias consolidadas (NIEDDERER, GOLDBERG E DUIT, 1991, apud MORTIMER, 2000). Porém, pesquisas realizadas na década de 1990 (STRIKE e POSNER, 1992; POZO, GOMEZ CRESPO e SANZ, 1999) apontam para a dificuldade em modificar as concepções alternativas ou informais, que resistem ou persistem mesmo quando os estudantes são submetidos a diversas propostas de ensino, principalmente pautadas na promoção de conflitos cognitivos. Desta forma, existe uma heterogeneidade de formas de compreender determinado conceito, dependendo do contexto trabalhado e das experiências de cada indivíduo.

Uma das ideias que seguem essa nova forma de pensar foi apresentada por Mortimer (1995, 2000) – trata-se do Perfil Conceitual, que pode ser entendido como um modelo que busca estruturar diferentes maneiras de ver e representar o mundo, que são utilizadas pelas pessoas para dar significado a suas experiências (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009).

Neste capítulo, discutiremos as bases teóricas e metodológicas que fundamentam a teoria do perfil conceitual. Ainda, buscaremos apresentar uma breve análise de tendências da produção nacional de pesquisas relacionadas com a teoria.

1.1 A teoria dos perfis conceituais

A proposição do perfil conceitual tem suas origens em um cenário da pesquisa sobre educação em ciências no qual havia grande discussão sobre concepções alternativas e o ensino por mudança conceitual. De acordo com Mortimer (1996), ao passo da década de 1970, os pesquisadores envolvidos com o Ensino das Ciências passam ter a atenção voltada para o conflito existente entre ideias prévias, informais ou alternativas dos estudantes, desenvolvidas a partir de suas experiências e ancoradas na maior parte das vezes no senso comum, e os conceitos da ciência

escolar. Essa preocupação resulta então em um programa de pesquisa intitulado *Alternative Concepts Movement* (Movimento das Concepções Alternativas), conhecido pela sigla ACM. Esse programa de pesquisa foi preponderante para a organização do Ensino de Ciências em torno de uma visão construtivista, baseado em duas características principais, descritas por Mortimer (1996, 2000):

1. A aprendizagem se dá por meio do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento.
2. As ideias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que essa só é possível a partir do que o aluno já conhece.

A valorização das concepções alternativas nos processos de ensino e aprendizagem levou à proposição de um modelo de ensino, denominado *Conceptual Change Model* (CCM, em português Modelo da Mudança Conceitual), apresentado em sua versão inicial por Posner, Strike, Hewson e Gertzog, em 1982, e que tinha base epistemológica nas ideias de Kuhn sobre as revoluções científicas (ARRUDA e VILLANI, 1994). Para Kuhn, a ciência progride dentro de paradigmas, enquanto ciência normal, assumindo características extraordinárias quando diante de uma anomalia, entendida como discordância entre previsão e resultado não causadas pelo experimentador (CAMPOS, 2004), evidenciando uma necessária modificação nas concepções que regem aquele paradigma vigente. Analogamente, Posner e colaboradores sugerem que podemos entender o processo de aquisição do conhecimento a partir de uma reorganização dos conceitos centrais, quando nos deparamos com alguma anomalia a nossa estrutura de pensamento – geralmente causada pelo confronto entre as ideias prévias e as ideias científicas apresentadas em ambiente escolar (POSNER et al., 1982; ARRUDA e VILLANI, 1994; MORTIMER 1996, 2000).

Mortimer (1996, 2000) afirma que o modelo de ensino por mudança conceitual busca "explicar ou descrever as dimensões substantivas do processo pelo qual os conceitos centrais e organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceitos a outro, incompatível com o primeiro". Desta forma, devem existir algumas condições para a ocorrência da mudança conceitual, que segundo ao autor, são:

1. Deve existir uma insatisfação com os conceitos existentes, da mesma forma que a anomalia causa uma revolução científica, na teoria de Kuhn.
2. A nova concepção deve ser inteligível, ou seja, deve fazer sentido ao aprendiz.
3. A nova concepção deve ser plausível, ou seja, resolver o problema gerado pela "anomalia", como também ser coerente com os conhecimentos do aprendiz.
4. A nova concepção deve se mostrar fértil, dando a possibilidade de responder a outras áreas do conhecimento.

Devido a sua simplicidade, razoabilidade e aplicabilidade, o modelo foi muito bem aceito pelos pesquisadores em educação em ciências, tanto que, "mudança conceitual tornou-se sinônimo de aprender ciências" (NIEDDERER, GOLDBERG E DUIT, 1991, apud MORTIMER, 2000, p. 37). Dessa forma, muitas estratégias didáticas foram elaboradas baseadas nessa perspectiva de ensino.

Com diversos problemas encontrados no uso desse modelo, várias propostas emergiram desde a década de 1990 buscando uma nova leitura e/ou a proposição de novos modelos que se contrapõem à mudança conceitual. Algumas dessas propostas buscam admitir a hipótese de que as pessoas podem dispor de diferentes ideias alternativas que seriam ativadas em diferentes contextos, como por exemplo, o ensino por contraste de modelos (POZO e GOMÉZ CRESPO, 2009).

Nessa perspectiva, Mortimer (2000) apresenta um modelo teórico alternativo para avaliar a evolução conceitual na sala de aula, no qual é considerado que existem diferentes modos de pensar, associadas a diferentes domínios, e que, em alguma situação, uma nova ideia pode ocorrer independente do abandono de concepções prévias. Inicialmente, essa perspectiva foi tratada como uma noção, que posteriormente evoluiria para um modelo teórico do perfil conceitual.

Mortimer et al. (2014) sugerem o caráter diverso e multifacetado das nossas experiências sociais que levam o indivíduo a compartilhar distintos significados estabilizados a partir de diferentes linguagens, e que são importantes para o seu desenvolvimento. Com essa perspectiva, a teoria do perfil conceitual evidencia a ideia de que as pessoas apresentam diferentes modos de pensar e conceitualizar o mundo, que são utilizadas para dar sentido a suas experiências (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2012).

A ideia, de que um único indivíduo pode apresentar diferentes maneiras coerentes de compreender um conceito científico para ver, representar e significar o

mundo, que são usadas em contextos distintos, de forma adequada, foi desenvolvida por Mortimer (1995, 1996, 2000): trata-se da teoria de perfil conceitual (COUTINHO, MORTIMER e EL-HANI, 2007).

O Perfil Conceitual foi inicialmente proposto na busca de construir um modelo alternativo para a compreensão das concepções dos estudantes sobre determinado conceito, relacionando e diferenciando essas concepções com os conhecimentos científicos aprendidos na escola. Os perfis conceituais foram, nesse primeiro momento, apresentados como uma alternativa aos modelos de ensino baseados na mudança conceitual (COUTINHO, MORTIMER e EL-HANI, 2007), “recusando uma das ideias centrais desse modelo, a de que estudantes deveriam ser levados a romper com suas concepções prévias ao aprender a ciência” (MORTIMER et al., 2014, p 4, tradução nossa).

Em 1995, Mortimer introduz a ideia de perfil conceitual como um meio para modelar a heterogeneidade dos modos de pensar e das formas de falar nas aulas de ciências. Tal abordagem é baseada na ideia de que pessoas apresentam diferentes formas de ver e interpretar o mundo e, assim, diferentes modos de pensar e formas de falar que são utilizados em diferentes contextos. Tais modos de pensar e formas de falar são tratados no desenvolvimento da teoria como aspectos de permanência no pensamento conceitual dos sujeitos, estando relacionados aos significados socialmente construídos e estabilizados atribuídos a conceitos (MORTIMER et al., 2010).

Em 2000, o autor apresenta o perfil conceitual como um “sistema supra individual de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura” (MORTIMER, 2000, p. 80). Mais recentemente (MORTIMER et al., 2014), o perfil conceitual é descrito da seguinte forma:

Pessoas exibem diferentes maneiras de ver e conceitualizar o mundo e, desta forma, diferentes modos de pensar que são usados em contextos distintos. Cada perfil conceitual modela a diversidade de modos de pensar ou de significação de um conceito e é constituído por várias zonas (MORTIMER et al., 2014, p. 14, tradução nossa)

Segundo Amaral e Mortimer (2006), o objetivo dos perfis conceituais é apresentar um conceito particular como parte de um processo de construção humana, uma estruturação de diferentes modos de pensar os conceitos em contextos diversos, que tem as suas variações com o tempo e com o avanço do conhecimento na história.

Cada perfil conceitual é formado por diferentes zonas, que representam diferentes modos de pensar e formas de falar sobre a realidade, traduzindo uma pluralidade de concepções e visões. As zonas são caracterizadas por compromissos epistemológicos, ontológicos (MORTIMER, 2000) e axiológicos (DALRI e MATTOS, 2007), estes últimos foram introduzidos por Rodrigues e Mattos (2007), e são relacionados aos valores que os indivíduos atribuem às coisas. Na dimensão axiológica do perfil, podem ser reconhecidas razões afetivas das escolhas na representação dos objetos em determinados contextos, por exemplo, essas razões podem estar relacionadas com a motivação e a valorização atribuída àquele objeto em tela, no contexto específico de utilização (DALRI, 2010).

Desta forma, cada zona representa um modo particular de pensar ou atribuir um significado ao conceito, que se relaciona com uma forma particular de falar e que convive com outras formas diferentes, no mesmo indivíduo.

Inicialmente, os perfis conceituais foram utilizados como um instrumento para descrever de forma organizada e estruturada as ideias a respeito de um determinado conceito (SEPÚLVEDA, MORTIMER e EL-HANI, 2013). Perfis conceituais podem contribuir para a elaboração de estratégias de ensino que busquem valorizar as diversas concepções que podem ser atribuídas ao conceito, trabalhando, em sala de aula, com uma visão “mais adequada da ciência, considerando diversidades culturais” (ARAÚJO, 2014, p. 8).

Atualmente, o programa de pesquisa em perfis conceituais busca levar os perfis propostos para a sala de aula a partir de estratégias de ensino e atividades desenvolvidas sob a perspectiva de aprendizagem associada a teoria, o que pode ser considerada uma etapa de amadurecimento da proposta. Inicialmente, os perfis conceituais foram relacionados a percepção dos diferentes modos de pensar e das diferentes formas de falar sobre o conceito que emergem em situações de ensino e aprendizagem, que podem ser úteis para entender a evolução das ideias dos estudantes (AMARAL, 2004), e envolve, entre outras coisas, preocupação com o contexto, com o processo de conceituação, com a tomada de consciência das zonas de um perfil conceitual por estudantes e professores e com a proposição de estratégias e atividades para que as diversas concepções possam ser trabalhadas em sala de aula (SILVA e AMARAL, 2006; SEPÚLVEDA, 2009; SIMÕES NETO et al., 2013; SABINO, 2015; SABINO e AMARAL, 2015)

Em relação à aprendizagem de conceitos, a teoria do perfil conceitual nos fornece elementos para entender a permanência das concepções alternativas em estudantes submetidos ao ensino escolar de Ciências, bem como pode redirecionar os caminhos da educação científica, entendendo a aprendizagem de ciências em termos de duas dimensões, ou em dois processos (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009; MORTIMER et al., 2014):

1. Enriquecimento dos perfis conceituais, ou seja, processo associado ao ato de conhecer novas zonas do perfil conceitual para um determinado conceito, que configura um processo cognitivo.
2. A tomada de consciência da multiplicidade de modos de pensar que constituem um perfil conceitual e dos contextos nos quais esses modos de pensar e os significados que eles preconcebem podem ser aplicados de modo apropriado e pragmaticamente poderosos, ou seja, saber da possibilidade de coexistência das zonas e dos contextos de uso, sendo um processo metacognitivo.

1.2 O perfil conceitual e o processo de conceituação

A sala de aula é o local onde ocorrem interações sociais com intencionalidade de ensino, sendo uma das principais características desse espaço a “inevitável heterogeneidade de modos de pensar e formas falar” (MORTIMER et al., 2014, tradução nossa). No entanto, os processos de ensino normalmente não levam em consideração os significados não-científicos relacionados a determinado conceito, por indivíduos distintos, o que, para Araújo (2014), pode ser considerado um dos motivos para a ineficiência da maioria desses sistemas de ensino em promover o acesso aos conhecimentos científicos.

Na perspectiva do perfil conceitual, devemos considerar processos que direcionem os estudantes a tomar consciência das relações que possam existir entre suas concepções prévias e o conhecimento científico, que traz significado historicamente estabilizados para os conceitos. Tais abordagens podem ser guiadas pela ideia da pluralidade de modos de pensar e formas de falar sobre determinado conceito, apresentada pela teoria do perfil conceitual. Nesse sentido, torna-se

importante discutir como é compreendido o processo de aquisição do conhecimento, a partir da teoria do perfil conceitual.

Antes de considerar o processo de construção de significados para os conceitos científicos, é necessário compreender o que estamos considerando ser conceito. Duas diferentes visões sobre conceitos são apresentadas por Mortimer e colaboradores (2014), sendo uma estruturalista, denominada dominante, e outra histórico-cultural, chamada pelos autores de não-dominante.

Na visão dominante, ancorada em uma perspectiva cognitivista, os conceitos são vistos como modelos ou estruturas mentais construídas pelos próprios sujeitos do processo de aprendizagem, caracterizados por consistência e relativa estabilidade e existência duradoura, particular do indivíduo, que são modificadas quando ocorre mudança ou evolução conceitual (MORTIMER et al., 2014).

Na visão não-dominante, em uma perspectiva histórico-cultural, é apresentada a ideia de conceituação, um processo dinâmico, produzido sempre na interação social situada entre um indivíduo e alguma experiência externa (MORTIMER et al., 2014). Esse processo de conceituação é chamado por Vigotski de pensamento conceitual. Sendo assim, entendemos os conceitos científicos como algo não-estranho, ou seja, não se trata de uma entidade primordial que deve ser acessada quando precisarmos, mas de um processo que é posto em prática quando precisamos aplicar um determinado conceito em um contexto ou situação específicos.

É importante apontar que, para indivíduos que dominam o significado de determinados conceitos, existe uma tendência de o pensamento conceitual atuar de maneira congênere em situações que reconhecemos também como semelhantes, devido ao aspecto de permanência. Isso permite aplicar os conceitos estabilizados em situações reconhecidas, no entanto, isso não pressupõe que eles estejam usando estruturas mentais físicas que estão contidas no cérebro (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009; MORTIMER et al., 2014).

Mortimer e colaboradores (2014) apresentam um enquadramento da visão dos três mundos de Karl Popper (1902–1994), para ajudar na compreensão da diferença entre conceitos e processo de conceituação. Cada um desses mundos agrupa elementos semelhantes e estão interligados, a ponto de um influenciar modificações nos outros. Apresentamos uma breve descrição da constituição de cada um desses mundos, com base em Silveira (1996):

1. O primeiro mundo popperiano, também chamado de mundo 1, é constituído pelos objetos físicos e reais. Compõem tal mundo os objetos materiais, as manifestações distintas da energia, todos os seres vivos e seus artefatos, tais como ferramentas, máquinas, livros, obras de arte, entre outras produções.
2. O segundo mundo popperiano, ou mundo 2, é formado pelos estados subjetivos. Fazem parte desse mundo entidades como consciência, percepção, emoções, crenças e manifestações do inconsciente.
3. O terceiro mundo popperiano, designado mundo 3, é constituído pelos conteúdos de pensamento e pelo conhecimento objetivo. Estão nesse mundo toda a cultura humana, manifesta em histórias, mitos, teorias – essas científicas ou não, a matemática, entre outras, ou seja, toda a produção mental dos humanos, que passam a ter existência independente dos criadores. Vale salientar que esses objetos não são físicos, como os do primeiro mundo, mas são compartilhados de maneira supra individual.

Embora real, o terceiro mundo existe apenas nos textos escritos e na linguagem humana, como constructos sociais. Os conceitos então estão locados no terceiro mundo popperiano, enquanto que o processo de conceituação, ou pensamento conceitual, existe no mundo 2, no qual não se encontra as instâncias do conceito, mas sim o processo dinâmico aqui descrito (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009).

Na visão não-dominante, os conceitos são vistos como produção sócio-histórica, inacabados e em contínuo processo de transformação e reforma. Essa é a visão aceita na teoria do perfil conceitual. A utilização de um conceito está relacionada a capacidade de criar sentidos e significados para uma palavra, quando esta é colocada em uso. Desta forma, parece ser interessante discutir acerca da distinção entre sentido e significado na teoria de Vigotski, que ajuda a entender o que é permanente no processo de conceituação (MORTIMER et al., 2014).

Na visão sócio-histórica, o sentido de uma palavra é uma formação dinâmica, individual e que muda quando o cenário de aplicação é alterado, ou seja, é dinâmico, fluido, complexo e dependente do contexto. Já o significado é um construto social relativamente estável, que possibilita uma intersubjetividade, pois pessoas e grupos de pessoas podem compartilhar o mesmo significado para determinada palavra, ainda que variem no sentido que atribuem a ela. Nas palavras de Vigotski:

O sentido de uma palavra é a soma de todos os fatos psicológicos que ela desperta em nossa consciência. Assim, o sentido é sempre uma formação dinâmica, fluida, complexa, que tem várias zonas de estabilidade variada. O significado é apenas uma dessas zonas de sentido que a palavra adquire no contexto de algum discurso, e, ademais, uma zona mais estável, uniforme e exata. Como se sabe, em contextos diferentes a palavra muda facilmente de sentido. O significado, ao contrário, é um ponto imóvel e imutável que permanece estável em todas as mudanças de sentido da palavra em diferentes contextos (VIGOTSKI, 2001, p. 465).

Desta forma, Mortimer, Scott e El-Hani (2012) entendem que aprender um conceito é aprender sobre seu significado, adquirindo eventualmente a capacidade de generalizar, ou seja, de passar de sentidos pessoais a sentidos que são socialmente aceitos por diferentes comunidades. Assim, a produção de sentidos é pessoal, enquanto que a produção de significados é, além de pessoal, social, pois restringe o indivíduo a produzir sentidos que são coerentes aos significados estabilizados socialmente.

A visão de conceito implicada na teoria do perfil conceitual é a não-dominante, ou seja, a partir dessa teoria compreendemos que os conceitos existem de modo mais estável no terceiro mundo popperiano, no mundo no qual se encontram os conhecimentos objetivos, as construções mentais, que são construídas socialmente e organizadas na forma de linguagens sociais, como a científica e a científica escolar. O processo de conceituação é um entendido como um processo dinâmico, restringido pelos significados estabilizados socialmente, e está associado ao segundo mundo de Popper, o mundo da experiência consciente e do conhecimento subjetivo (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009). Assim, pessoas vivem em contextos diferentes e apresentam visões de mundo distintas, que são influenciadas por outras pessoas que os cercam. Essas diferenças parecem favorecer uma pluralidade de modos de pensar e formas de falar sobre determinado conceito, que são utilizados em diferentes contextos.

1.3 Viés pragmatista do perfil conceitual

Ao nos referirmos a diferentes modos de pensar associadas a contextos específicos, parece importante falar sobre o valor pragmático da linguagem. Um exemplo interessante apresentado por Mortimer e colaboradores (2014), relata um estudante que vai comprar um casaco e pede ao vendedor que a vestimenta seja

quente. No entanto, em contextos de uso científico, como numa conversa com o professor ou na realização de uma prova, o modo de pensar e a forma de falar sobre o calor será diferente, mais próxima do conhecimento científico. Desta forma, cada vez que o estudante usa um modo de pensar cotidiano sobre o calor, o valor pragmático dessa linguagem preserva significados que estão em desacordo com a visão científica, mas que são úteis naquele contexto.

Desta forma, podemos entender que ao estudante, nos processos de ensino e aprendizagem, cabe a incorporação de novas zonas (científicas ou não) aos seus perfis conceituais, bem como a tomada de consciência dessas diversas zonas, que são mais poderosas, devido ao valor pragmático, em resolver problemas em alguns contextos, em detrimento de outros. Para Mortimer, Scott e El-Hani (2009), tomar consciência da existência de um perfil para o conceito e da demarcação entre suas zonas:

Implica ser capaz de aplicar uma ideia científica nos contextos em que ela é apropriada, inclusive na vida cotidiana, e, ao mesmo tempo, preservar modos de pensar e falar distintos do científico nas situações em que se mostrem pragmaticamente apropriados (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009, p. 8).

Tomar consciência das zonas de um perfil conceitual é perceber a coexistência de diferentes modos de pensar e falar, que torna o Ensino das Ciências mais sensível à diversidade cultural, pois não busca a substituição ou abandono de visões que são coerentes, resistentes e constantemente reforçadas pela nossa linguagem cotidiana.

Parece então que a tomada de consciência é o que fornece indícios de quais zonas do Perfil Conceitual devem ser acionadas em diferentes contextos, evitando que zonas menos ou mais científicas sejam utilizadas em contextos nos quais não apresentem valor pragmático. Em situações de ensino, trata-se de "reconhecermos a existência de uma multiplicidade de representações no repertório dos estudantes" (AGUIAR-JR. e MORTIMER, 2005, p. 200), o que "pode favorecer a autonomia no uso do conceito devido ao domínio de diferentes significados a ele associados" (ARAÚJO, 2014, p. 18).

Em desenvolvimento subsequente, Mortimer (2001) busca relacionar os diferentes modos de pensar, que são característicos das diferentes zonas de um perfil conceitual, com distintas formas de falar, caracterizadas em termos da linguagem social e dos gêneros do discurso de Bakhtin (BAKHTIN, 1929/2009; BARROS e FIORIN, 1999; BRAIT, 2008). Essas noções podem ajudar a encontrar caminhos para

relacionar as diferentes zonas do perfil conceitual com diferentes formas de falar sobre o conceito, a partir de diferentes estados de intersubjetividade, ou seja, no ato de comunicação verbal, duas pessoas em diálogo podem transcender seus diferentes mundos privados.

Tal movimento é um indício da dinâmica de organização da teoria dos perfis conceituais, e mostra como esta foi se distanciando da epistemologia de Bachelard, muitas vezes associada ao progresso científico em busca do racionalismo, e assumindo uma atual versão centrada no multiculturalismo, em termos de esferas de significação, valor pragmático dos modos de pensar e formas de falar e valorização do contexto (MORTIMER, 2001).

Assim, o perfil conceitual foi integrado a um programa de pesquisa que entende a aprendizagem de ciências como a aprendizagem da linguagem social da ciência escolar, através de interações discursivas, em uma perspectiva sociocultural, tendo como suporte teórico em elementos da teoria da linguagem do círculo de Bakhtin para as formas de falar, e na teoria de Vigotski do desenvolvimento das funções mentais superiores como base para a investigação dos processos de aprendizagem (MORTIMER et al., 2010). Nesse programa de pesquisa, estão divulgados os pressupostos filosóficos, teóricos e metodológicos da abordagem mediante perfis conceituais, o que sugere o estabelecimento de um programa de pesquisa, segundo a ideia de Imre Lakatos.

É interessante apontar que a heterogeneidade de modos de pensar e formas de falar não existe apenas ao relacionar contextos da linguagem cotidiana com a linguagem científica. Existem diferentes contextos que justificam modos diferentes de pensar e formas distintas de falar associados ao conhecimento científico. Por exemplo, um estudante de Química pode utilizar o conceito de átomo como proposto por Dalton, quando trabalha com fórmulas moleculares e modelos cinéticos associados a colisões entre moléculas, em uma visão associada a Física Clássica. Em outros contextos, quando vai trabalhar com teorias sobre ligações químicas, formação de compostos e reações químicas, esse mesmo estudante pode utilizar modelos atômicos associados a Física Quântica.

Essa perspectiva de heterogeneidade encontra apoio em Wertsch (1988), que defende que modos de pensar podem ser ranqueados geneticamente, mas sem embasar qualquer suposição de que formas mais recentes sejam mais poderosas. Dessa forma, o autor afirma que o desenvolvimento de novos modos de pensar é

associado a novos modos de atividades, mas que as atividades anteriores continuam válidas na cultura e continuam a funcionar em contextos apropriados (EL-HANI, SILVA-FILHO e MORTIMER, 2014). Assim, a teoria do perfil conceitual não visualiza uma desvalorização de modos não científicos de pensar, falar e significar, mas reconhece-os como culturalmente adequados em algumas esferas da vida.

Tal afirmação pode levar a teoria do perfil conceitual a ser associada ao relativismo. Para evitar quaisquer confusões sobre a consideração da heterogeneidade nos modos de pensar e formas de falar e um relativismo do tipo “vale-tudo”, El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014) apresentam uma base epistemológica alternativa, centrada no pragmatismo objetivo. Inicialmente, os autores discutem o relativismo e sua contraparte, o racionalismo.

Para um racionalista, existem critérios (poder explicativo, poder preditivo, precisão, simplicidade, entre outros) que são atemporais e universais para avaliar os méritos de teorias rivais, em meio científico. Ao utilizar esses critérios para decidir entre uma ou outra teoria “um cientista estaria agindo de modo inteiramente racional, usando critérios que operam como regras claras e não-ambíguas (EL-HANI, MORTIMER e SILVA-FILHO, 2013). Tal perspectiva filosófica não se adequa a teoria do perfil conceitual, uma vez que devem ser considerados diferentes modos de pensar que encontram valor pragmático em contextos específicos.

No relativismo, as escolhas não são absolutas, ou seja, variam de indivíduo para indivíduo e entre as diferentes comunidades de indivíduos. Desta forma, não existem critérios racionais absolutos, pois existem muitos modos de ver o mundo, o que Chassot (1997) chamou de “óculos para observar a realidade objetiva”. Dentre as quais, além da filosofia, da pseudociência e do senso comum, está a Ciência.

A ideia de valor pragmático das zonas se opõe à associação da teoria do perfil conceitual com o relativismo. El-Hani, Mortimer e Silva-Filho (2013) apontam, em termos da escolha pelo valor pragmático, que certos modos de pensar podem ser melhores que outros, em contextos específicos:

A teoria dos perfis conceituais salienta a necessidade de diálogo entre significados científicos e cotidianos para desenvolver a compreensão conceitual da ciência, claramente distinguindo formas diferentes de conhecimento e os contextos em que podem ser melhor aplicadas. Não se trata de desvalorizar modos não-científicos de pensar e atribuir

significado, como se fossem inerentemente inferiores, mas de reconhecê-los como culturalmente adequados em algumas, mas não em todas as esferas da vida em que agimos e nos comunicamos (EL-HANI, MORTIMER e SILVA-FILHO, 2013, p. 02).

Desta forma, El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014) apontam para o pragmatismo como possível enquadramento epistemológico da teoria dos perfis conceituais, mais especificamente o pragmatismo objetivo.

O pragmatismo é uma doutrina filosófica que defende a ideia de que, para terem sentido, os objetos devem ter uma utilidade prática no mundo real, ou seja, nesse viés, “o conhecimento deve ser julgado, ao menos em parte, em termos da sua utilidade” (EL-HANI, SILVA-FILHO e MORTIMER, 2014, p. 41, tradução nossa).

Para um pragmatista, os compromissos epistemológicos e ontológicos devem ser avaliados em termos de sua eficácia pragmática. No entanto, como uma ideia associada a uma zona do perfil conceitual tem um poder de lidar com um problema de maneira limitada, não é escolha livre tomar determinado conhecimento para agir em situação específica. Isso justifica a filiação da teoria dos perfis conceituais ao pragmatismo, uma vez que o conhecimento é aplicado no mundo real de acordo com o grau de utilidade e segundo o qual mais de uma ideia pode coexistir, mesmo se houver conflito, e terão sentido para o indivíduo de acordo com sua aplicabilidade no mundo real (EL-HANI, SILVA-FILHO e MORTIMER, 2014). Assim:

Nesses termos, temos bases para escolher que conhecimento ou teoria aceitar, ao considerar criticamente e verificar suas consequências para a prática. É isso que queremos dizer com o poder pragmático de diferentes zonas de um perfil. É neste sentido que a teoria dos perfis conceituais não está comprometida com o relativismo, ou, ao menos, com formas radicais de relativismo do tipo “vale tudo” (EL-HANI, SILVA-FILHO e MORTIMER, 2014, p. 41-42, tradução nossa).

O pragmatismo objetivo, em detrimento de um pragmatismo subjetivo, pareceu se adequar como base epistemológica para a teoria do perfil conceitual. Uma visão pragmática objetiva está associada a ideia de uma comunidade de indivíduos que tomam decisões acerca de modos de pensar direcionados por determinados critérios, a saber: consistência teórica, poder explicativo, poder de predição e simplicidade na abordagem. No entanto, “a utilização de um mesmo conjunto de valores não determina as mesmas escolhas, pois diferentes pesos podem ser atribuídos aos

valores, por indivíduos diferentes” (EL-HANI, SILVA-FILHO e MORTIMER, 2014, p. 55).

O entendimento do perfil conceitual a partir de uma base epistemológica associada ao pragmatismo objetivo pode auxiliar na consideração dos modos de pensar e falar sobre o conceito de energia, entendendo o valor pragmático de cada modo e considerando a heterogeneidade do pensamento, para os contextos específicos de uso, sem associar essa pluralidade de significados com viés relativista. No próximo item vamos apresentar os pressupostos metodológicos das pesquisas que envolvem proposição de um perfil conceitual.

1.4 Bases Metodológicas da Teoria do Perfil Conceitual

Nesta seção, apresentaremos a metodologia para a proposição de um perfil, fundamentada pelo programa de pesquisa relacionado à teoria do perfil conceitual. Conforme já mencionamos, o desenvolvimento e amadurecimento das ideias relativas a teoria dos Perfis Conceituais fez com que esses fossem integrados a um arcabouço teórico que relaciona a aprendizagem de ciências à aprendizagem da linguagem social da ciência escolar, na sala de aula, em uma perspectiva sócio interacionista. (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009; MORTIMER et al., 2014).

1.4.1 Os Domínios Genéticos de Vigotski e o Perfil Conceitual

Podemos fazer uma relação entre o Perfil Conceitual e os domínios genéticos de Vigotski, exposto em seus estudos sobre pensamento, linguagem e formação de conceitos. Através da produção de significados nesses domínios, podemos observar compromissos epistemológicos e ontológicos que estabilizam modos de pensar e formas de falar sobre conceitos, possibilitando reconhecer zonas para a construção de um perfil conceitual (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009; MORTIMER et al., 2014).

Vigotski via a ontogênese, foco de estudo destacado pela sua preocupação com o estabelecimento de uma sociedade socialista, como parte de um quadro mais amplo, aportado em três linhas básicas de desenvolvimento do comportamento, a saber: evolutiva, histórica e ontogenética, sendo o comportamento de um indivíduo

imerso em determinada cultura o produto dessas três linhas de desenvolvimento (WERTSCH, 1988).

Para Vigotski, as atividades cognitivas de cada indivíduo estão associadas com sua história social, já que cada um tem sua própria experiência e é influenciado pelo desenvolvimento sócio-histórico da comunidade em que está inserido. A partir desta ideia, é apresentado o método genético.

Wertsch (1988) aponta o núcleo teórico do pensamento de Vigotski, apoiado em três afirmativas:

1. A confiança em um método genético que privilegia o estudo do desenvolvimento das funções e processos mentais.
2. A proposição que os processos mentais superiores dos indivíduos têm sua origem nos processos sociais.
3. A proposição que os processos mentais superiores somente poderão ser compreendidos por meio do estudo das ferramentas e signos que atuam como mediadores desses processos.

Essas afirmações ajudam a compreender a visão de Vigotski sobre aprendizagem:

Para compreender o desenvolvimento de funções mentais superiores, como a atenção voluntária, a memória lógica, a capacidade de abstração, o controle consciente das ações e a capacidade de pensar conceitualmente, é necessário estudá-las em diferentes domínios genéticos. Tais domínios são a filogênese, a ontogênese e a história sociocultural. Vigotski estudou ainda a gênese de funções mentais superiores em curtos espaços de tempo, algo que Wertsch denominou microgênese (ARAÚJO, 2014, p. 16)

Buscando enfatizar o processo de conceituação, e não apenas o produto final do desenvolvimento, Vigotski considerou a influência do meio externo, ou dos contextos, no desenvolvimento das funções mentais superiores, em todas as suas fases e nos diferentes domínios genéticos. Ou seja, ao considerar os dados de todos estes domínios, devemos identificar um conjunto de significados atribuídos a um conceito que é associado a um conjunto de contextos de uso (MORTIMER et al., 2014).

Assim, Mortimer e colaboradores (2014) apontam como principal princípio metodológico que orienta as pesquisas de proposição de um perfil conceitual a ideia vigotskiana de que só é possível ter uma imagem completa da gênese de um conceito se observarmos em diferentes domínios genéticos. É com a observação dos

diferentes domínios genéticos que conseguimos construir perfis conceituais que consideram a heterogeneidade dos modos de pensar e formas de falar, uteis em uma boa diversidade de contextos ou domínios de experiência.

Assim, devemos considerar a gênese do conceito, que ocorreu no domínio sociocultural, e, simultaneamente, considerar estudos que possam informar como esse conceito é aprendido e utilizado em diversos momentos da história individual de um sujeito, associado a um domínio ontogenético e, por fim, observar o terceiro domínio, o microgenético, que se refere aos processos que ocorrem em um curto espaço de tempo e circunstâncias específicas, como nas discussões em sala de aula, nas respostas dadas aos questionários e em entrevistas.

O método genético tem foco na origem (gênese) dos conceitos, entendendo esses como produtos da ação humana, dentro de uma dimensão sócio-histórica, apresentando quatro domínios (WERTSCH, 1988), brevemente descritos a seguir:

A) Domínio Filogenético

Segundo Wertsch (1988), as ideias de Vigotski sobre o domínio filogenético se concentra na comparação entre os símios superiores e os humanos, a partir de estudos de Wolfgang Köhler (1887 – 1967), intitulado “Pesquisas Sobre a Inteligência dos Macacos Antropomorfos”, no qual avaliava o papel da atividade prática mediada para o uso de instrumentos em macacos superiores.

O uso dessas ferramentas, para Vigotski, é uma condição necessária, mas não suficiente, para o surgimento das funções psicológicas superiores, de maneira específica, as humanas. Os estudos comparativos permitiram a Vigotski reconhecer a estreita proximidade filogenética entre os macacos e os humanos, e, ao mesmo tempo, reconhecer um abismo qualitativo que os separava, em oposição aos pensamentos da reflexologia, que reduziam o comportamento humano ao comportamento animal (WERTSCH, 1988).

Vigotski pensou em especificações filogenéticas ao entender que no contexto de uma teoria da evolução, não se pode ignorar o fato que organismos de espécies diferentes são diferentes, especialmente em relação ao cérebro. Dessa forma, não se pode avaliar o comportamento humano e o comportamento animal como a mesma perspectiva de análise.

As ideias de Friedrich Engels (1820 – 1895), sobre o papel do trabalho na transformação do macaco em homem influenciaram Vigotski nas questões relativas a filogênese. Para além do trabalho, Vigotski atribui à fala, bem como ao estabelecimento da cultura, um status de diferencial entre o comportamento do homem para outras espécies animais (WERTSCH, 1988).

Desta forma, podemos entender o domínio filogenético como relacionado diretamente às questões da espécie, de âmbito biológico. Trata-se do processo de desenvolvimento de funções mentais dentro da história evolutiva de uma espécie, como por exemplo, a escrita e a contagem (SILVA, 2011). A filogênese diz respeito às mudanças na estrutura orgânica, em especial do cérebro e “provém limites e possibilidades para o desenvolvimento humano” (SEPÚLVEDA, MORTIMER e EL-HANI, 2013, p. 442).

Porém, não existe isolamento entre o desenvolvimento orgânico e cultural, que sempre estão em interrelação, num processo de retroalimentação. Assim, devemos considerar o domínio sociocultural.

B) Domínio Sociocultural

Para Vigotski, o processo de desenvolvimento histórico do comportamento humano não coincide com o de sua evolução biológica, estando associado a questões socioculturais. Ainda, afirma que um não é a continuação do outro e que são regidos por conjunto distinto de regras (WERTSCH, 1988).

Para entender a influência sociocultural na construção do comportamento precisamos apresentar uma distinção feita por Vigotski dentro das funções psicológicas superiores, que são aquelas que caracterizam o comportamento consciente do homem (atenção voluntária, percepção, memória, pensamento), e que diferente das funções psicológicas elementares (de origem mais biológica), surgem a partir da articulação e combinação entre os instrumentos e as mediações em termos de signo (JOENK, 2002). Vigotski apresenta uma distinção em funções psicológicas superiores rudimentares e superiores, que para evitar confusões utilizaremos na notação de Wertsch (1988): funções mentais rudimentares e funções mentais avançadas.

As funções mentais rudimentares estão presentes nos períodos iniciais do desenvolvimento das funções psicológicas superiores, principalmente nas relações

com os instrumentos de mediação, e são um estado prévio das funções mentais avançadas, revelando o tipo de organização que terão posteriormente (WERTSCH, 1988).

Um importante conceito a destacar nesse aspecto é o de descontextualização dos instrumentos de mediação. Para Vigotski, o desenvolvimento do comportamento do homem está fundamentalmente governado pelo desenvolvimento histórico da humanidade, para além das leis da evolução biológica – o aperfeiçoamento dos meios de trabalho e da linguagem e outros instrumentos de signos. Assim, quando não temos mais a necessidade de ter instrumentos físicos para contar, associadas a pedras e ovelhas, por exemplo, e passamos a usar um sistema numérico. Isso permite o surgimento de formas avançadas de funções psicológicas superiores.

Então, Vigotski relaciona este domínio com as relações sociais, sendo então entendido como uma produção coletiva influenciada pela cultura e história. Ocorre em função do contexto e do período histórico em que o indivíduo está situado. A mediação é o ponto principal dentro desse domínio.

Desta forma, podemos entender que diferentes domínios socioculturais estão presentes em indivíduos que vivem ou viveram em locais com diferenças culturais, como Brasil e Japão. Ainda, o domínio sociocultural é divergente também em contextos de época, por exemplo, entre um indivíduo que viveu no Japão feudal e no Japão atual.

C) Domínio Ontogenético

Podemos entender a ontogênese como a evolução de um indivíduo em específico, desde o embrião até a morte, e que todos os significados que o indivíduo constrói ao longo de sua vida fazem parte do domínio ontogenético.

A ontogênese está relacionada a operações simultâneas e interrelacionadas de mais de uma força de desenvolvimento: uma linha natural e uma linha social ou cultural (WERTSCH, 1988). Para Vigotski (1960, apud WERTSCH, 1988, p. 59):

O desenvolvimento cultural da criança se caracteriza, em primeiro lugar, pela ocorrência de condições de mudanças dinâmicas no organismo. O desenvolvimento cultural está sobreposto aos processos de crescimento, maturidade e desenvolvimento orgânico da criança. Forma-se uma unidade entre esses processos, que só podem ser separados por um processo de abstração (tradução nossa).

Assim, os planos de desenvolvimento natural e cultural coincidem e se confundem, para formar uma única linha de formação social e biológica da personalidade do indivíduo. Para entender o problema holisticamente, devemos suplementar as descobertas em uma dessas linhas com as descobertas realizadas na outra. Dessa forma, o desenvolvimento biológico permite o surgimento das funções psicológicas elementares, enquanto que a linha social ou cultural de desenvolvimento está associada ao surgimento das funções psicológicas superiores. Por isso não podemos explicar todos os fenômenos biologicamente, bem como não podemos incidir em um reducionismo cultural, que ignora as forças biológicas no desenvolvimento do indivíduo.

No pensamento vigotskiano, as forças naturais perdem destaque nas mudanças ontogenéticas após um período inicial, quando as forças sociais ou culturais começam a tomar papel central. Ou seja, o momento em que os fenômenos socioculturais assumem começam a aparecer ou que a natureza do desenvolvimento troca os princípios explicativos da biologia para o domínio sociocultural.

Na teoria dos perfis conceituais, relacionamos o domínio ontogenético com as concepções informais dos estudantes sobre determinado conceito, tanto observadas nos trabalhos disponíveis na literatura que analisam e classificam essas concepções, como oriundas de questionários aplicados em sala de aula.

D) Domínio Microgenético

Vigotski argumentava que, na hora de dirigir estudos de laboratório, o investigador dos processos microgenéticos envolvidos na formação e manifestação de um processo psicológico determinado, sendo as fontes de dado mais interessantes sobre a aprendizagem. Wertsch (1988) aponta para dois tipos de microgênese: Formação a curto prazo de um processo psicológico, identificado nas tentativas do sujeito em resolver uma tarefa proposta; E o descobrimento de um ato individual perceptivo ou conceitual de duração de milissegundos.

O domínio microgenético trata da construção de significados a partir de situações ou fenômenos que rodeiam o indivíduo, dos fatos que acontecem nas interações que o indivíduo estabelece em contexto social, em dimensão micro.

Para Araújo (2014), nesse domínio, um conceito específico pode ser aprendido pelo indivíduo num período de tempo demasiadamente curto, por um *insight*, que

ocorre a priori da utilização em diferentes contextos, que também dependem dessa percepção pontual. Ou seja, a microgênese não se refere ao desenvolvimento global, e sim particular de um determinado fenômeno.

Coutinho (2005) relaciona as microgêneses com as interações discursivas que ocorrem em sala de aula ou em processos de diálogo, como em entrevistas. Para ele, a observação da dinâmica das concepções dos estudantes pode apontar “dados relacionados à gênese de um conceito em um curto período de tempo, permitindo um estudo longitudinal de curto prazo” (p. 21).

Três dos domínios genéticos apresentados serão importantes na definição das zonas de um Perfil Conceitual, a saber: domínio sociocultural, domínio ontogenético e domínio microgenético. Como estamos trabalhando com a construção de conhecimentos científicos, estamos restritos a espécie humana, não sendo necessário considerar o domínio filogenético.

A partir do entendimento básico dos domínios genéticos de Vigotski, podemos apresentar a metodologia de proposição do perfil conceitual.

1.4.2 Metodologia de Proposição de Perfis Conceituais

Trabalhos apresentados e publicados por Amaral e Mortimer (2006), Coutinho, Mortimer e El-Hani (2007), Mortimer, Scott e El-Hani (2009), Sepúlveda, Mortimer e El-Hani (2013), Amaral e Silva (2013) e Mortimer e colaboradores (2014) apresentam metodologias de trabalho para a proposição de perfis conceituais, buscando alguma garantia para que as investigações realizadas sejam, de fato, consideradas como parte do programa de pesquisa a respeito de tais modelos.

Em primeira instância, buscamos identificar quais conceitos podem ser perfilados, ou seja, para quais conceitos são eventualmente possíveis a proposição de um perfil. Mortimer e colaboradores (2014, p. 20, tradução nossa) apontam os requisitos fundamentais para perfilar um conceito, são eles:

1. Devem ser conceitos centrais ao invés de conceitos periféricos em uma dada ciência.
2. Devem ser polissêmicos, uma vez que o trabalho é grande para construir um perfil de poucos significados distintos (modo de pensar).

3. Devem ser usados em linguagem científica e também em linguagem cotidiana, para que se possa construir um modelo da heterogeneidade de pensar e falar que pode ser usado na análise da sala de aula.

Sendo o conceito adequado para a proposição de um perfil conceitual, para o processo de elaboração de um perfil conceitual, é estritamente necessário:

Consideramos uma grande variedade de significados atribuídos a um conceito e uma diversidade de contextos de construção de significados, incluindo pelo menos três dos domínios genéticos considerados por Vigotski nos seus estudos sobre as relações entre pensamento, linguagem e formação de conceitos, ou seja, os domínios sociocultural, ontogenético e microgenético. O que buscamos nos dados que estão relacionados a estes domínios são compromissos ontológico e epistemológicos (e, mais recentemente, axiológicos) que estabilizam modos de pensar e falar sobre os conceitos e, assim, permitir-nos individualizar zonas na construção de um perfil (MORTIMER et al., 2014, p. 16-17, tradução nossa).

Ou seja, a proposição de um perfil passa por um processo de individualização das zonas, tomando por base as ideias de Vigotski de que, para se estudar um conceito, precisamos desenvolver um quadro abrangente de sua gênese, a partir da consideração dos domínios genéticos (ARAÚJO, 2014).

Os dados recolhidos das fontes para identificação das zonas de um perfil devem ser tratados de maneira dialógica e não sequencial (SEPÚLVIDA, MORITMER e EL-HANI, 2013; MORTIMER et al., 2014b), numa relação que Coutinho, Mortimer e El-Hani (2007) chamaram de jogo dialógico, "colocando todo o conjunto de dados em interação uns com os outros" (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009, p. 05). São essas as fontes:

1. Fontes secundárias sobre a história da ciência e análise epistemológicas sobre um conceito em estudo.
2. Trabalhos na literatura sobre as concepções informais dos estudantes.
3. Dados coletados de entrevistas, questionários e videogravação de interações discursivas em situações de aprendizagem.

O conjunto de dados obtidos através dessas fontes deve ser recorrentemente examinado para que possam ser identificados compromissos epistemológicos e

ontológicos, como também axiológicos, “que estabilizam formas de falar e modos de pensar sobre os conceitos e, desta forma, possibilitam individualizar zonas de um perfil” (EL-HANI, SILVA-FILHO e MORTIMER, 2014, p. 443, tradução nossa).

Na proposição de um perfil conceitual, o pesquisador deve utilizar os dados para lançar hipóteses, geralmente em forma de categorias iniciais baseadas nos estudos históricos, bem como pela análise da literatura acerca das concepções alternativas (COUTINHO, MORTIMER e EL-HANI, 2007; SILVA e AMARAL, 2013; SEPÚLVEDA, MORTIMER e EL-HANI, 2013; MORTIMER et al., 2014b), que são usadas para a interpretação das respostas dadas a questionários e falas advindas dos discursos dos estudantes nas entrevistas e observações de interações discursivas. Ao mesmo tempo, categorias podem emergir das respostas e do discurso, e serem então utilizadas para a análise do primeiro conjunto de dados.

É essencial expor que o processo aqui descrito vai além da categorização dos dados coletados na literatura e nas intervenções em sala de aula, muito embora inclua esse tipo de processo. A necessidade de ir além da categorização é evidente quando “se considera que as zonas de um perfil conceitual são individualizadas por meio de compromissos (...) que estruturam diferentes modos de pensar e formas de falar sobre um conceito” (MORTIMER et al., 2014, p. 20, tradução nossa). Tais autores ainda apontam a importância da linguagem no processo:

O uso da linguagem não é irrelevante uma vez que está bastante relacionada com modos de pensar e desempenha um papel central na forma como lidamos com problemas diferentes em nossa vida cotidiana. Assim, a linguagem cotidiana e a científica são utilizadas em situações, em contextos diferentes, em que apresentam valor pragmático (MORTIMER et al., 2014, p.20, tradução nossa).

Entendemos o processo de elaboração de um perfil conceitual em quatro etapas distintas (MORTIMER et al., 2014b), brevemente descritas abaixo:

1ª Etapa

Pesquisa bibliográfica em fontes históricas secundárias (por não se tratar de um estudo histórico) para levantar concepções acerca do conceito em foco, dentro de recortes históricos e socioculturais.

2ª Etapa

Pesquisa bibliográfica em trabalhos acadêmicos da pesquisa em educação e Ensino das Ciências, relacionados a concepções alternativas ou informais sobre o conceito a ser perfilado.

3ª Etapa

Aplicação de questionários para levantamento de concepções de estudantes na sala de aula, no Ensino Médio e no Ensino Superior. Machado et al. (2007) lista alguns pontos favoráveis da utilização de questionários em pesquisas científicas, são eles:

1. Ele pode proporcionar dados atualizados sobre o tema investigado;
2. Em um espaço de tempo relativamente curto, poderá apresentar um volume significativo de dados;
3. Não requer pessoal treinado e atinge um vasto número de pessoas, simultaneamente;
4. Pode estimular a cooperação, pois respeita o anonimato e não exige a presença do investigador durante toda a aplicação;
5. O custo operacional é relativamente pequeno.

Também existem alguns riscos na utilização desse instrumento para coleta de dados, entre os quais destacamos: caligrafia que dificulte o entendimento da resposta, respostas simplificadas que não representam o modo de pensar e possível falta de dedicação e concentração do inquirido e falta de estímulo a respostas mais variadas. No entanto, a metodologia utilizada pode diminuir tais desvantagens e efeitos negativos, o que justificaria o trabalho com questionários.

O uso de questionários para levantamento de concepções surge em alguns trabalhos mais atuais, como por exemplo, Viggiano e Mattos (2007) e Silva (2011).

4ª Etapa

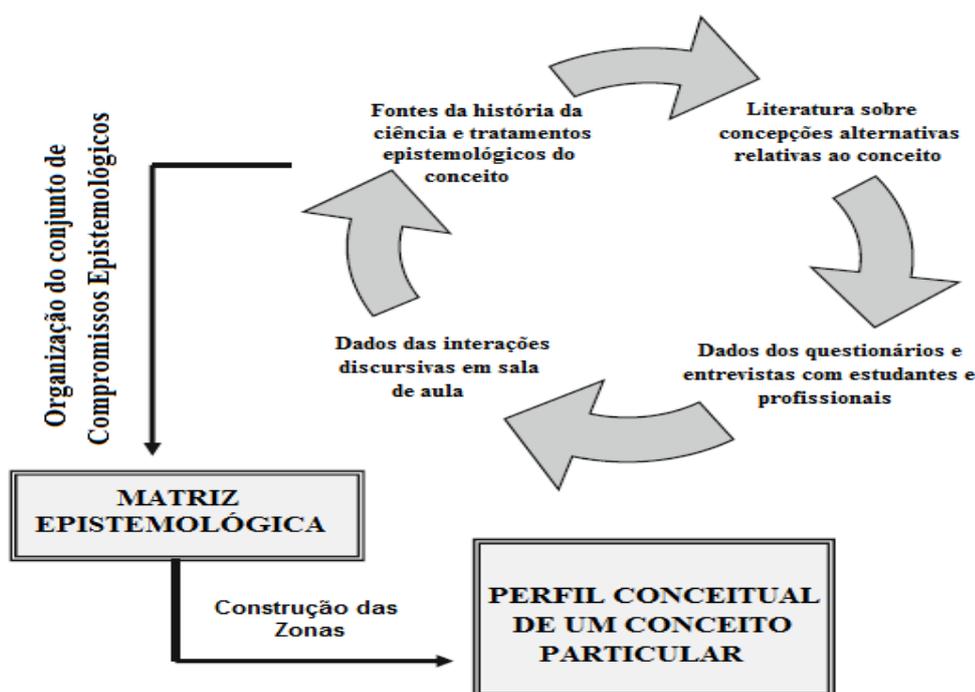
Diálogo entre os dados obtidos nas três etapas anteriores, para catalogação das concepções emergentes e posterior proposição das zonas do Perfil Conceitual pretendido, a partir de estudo sobre os compromissos epistemológicos e ontológicos que essas concepções representam.

Para trabalhar os dados de maneira dialógica, podemos inferir categorias hipotéticas, originalmente utilizadas para a proposição do perfil conceitual para o conceito biológico de vida (COUTINHO, 2005), levantadas a partir da análise dos modos de pensar e formas de falar sobre o conceito, baseados na literatura histórica, epistemológica e educacional, constituindo categorias maiores, chamadas por Coutinho, Mortimer e El-Hani (2007) de categorias expandidas, que são refinadas a partir da análise das falas dos estudantes através de uma nova análise, que pode levar ao estabelecimento de um número menor de categorias, chamadas de categorias reduzidas e utilizadas para a individualização e proposição das zonas do perfil conceitual.

Ainda, para além da organização das categorias, na proposição do perfil conceitual de adaptação evolutiva (SEPÚLVEDA, MORTIMER e EL-HANI, 2013), os autores sugerem a construção de uma matriz epistemológica, na qual são dispostos temas a partir dos quais o conceito em tela pode ser significado e, para cada um, são listados um conjunto de compromissos epistemológicos e ontológicos, gerando algumas categorias utilizadas para individualizar as zonas.

A figura 1 apresenta uma breve descrição esquemática da metodologia de proposição de um perfil conceitual.

Figura 1: Metodologia de proposição de um perfil conceitual



Desde o início das pesquisas envolvendo a proposição de perfis conceituais, essas bases metodológicas vêm sofrendo modificações e acréscimos. Ainda, outros grupos de pesquisa incorporaram estudos sobre o perfil conceitual em suas investigações, o que faz surgir diversas propostas diferentes.

Desta forma, realizamos uma análise de tendências sobre a produção nacional de pesquisas sobre o perfil conceitual, para tentar fazer um mapeamento dessas propostas. As tendências de pesquisa serão apresentadas na próxima seção.

1.5 Análise de Tendências da Produção Brasileira Sobre o Perfil Conceitual

Após apresentar as bases teóricas e metodológicas da teoria do perfil conceitual, buscamos apresentar um breve panorama do desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao perfil conceitual, a partir de uma análise de tendências de abrangência nacional, uma vez que a maioria das pesquisas são desenvolvidas no Brasil. O período de abrangência da investigação foi da proposição da teoria, ainda como noção, em 1995, até o ano de 2016.

Com relação aos critérios para o levantamento da produção brasileira em perfil conceitual, fizemos a escolha pelos eventos mais significativos para o Ensino de Física e Química, além de considerar o maior evento nacional de ensino de ciências. Os eventos considerados, em um recorte temporal de 2000 até 2016 foram:

1. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, evento bianual organizado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), iniciado em 1997, em Águas de Lindóia, São Paulo, com a participação de apenas 135 pesquisadores. As edições mais recentes já contam com a participação de mais de 1000 congressistas. O objetivo do ENPEC é reunir pesquisadores das áreas de ensino de Física, Química, Biologia, Geociências, Ambiente, Saúde e áreas afins, com a finalidade de discutir as pesquisas e tratar temas de interesse da comunidade de pesquisadores em ensino de ciências.
2. **Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)**, evento também bianual, organizado pela divisão de ensino da Sociedade Brasileira de Química (DE-SBQ), desde 1982. O ENEQ é o maior evento de Ensino de Química do Brasil, reunindo, desde sua edição de 2012, ocorrida em Salvador, mais de 2000 participantes. No evento são discutidos e divulgados trabalhos nos formatos painéis, workshops e

comunicações orais, existe uma mostra de materiais didáticos e se discute a participação da comunidade de pesquisadores em Ensino de Química em discussões científicas e políticas.

3. **Simpósio Brasileiro de Ensino de Física (SNEF)** é promovido a cada dois anos pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e tem como público-alvo licenciandos em Física e professores em atividade para discutir pesquisas e questões metodológicas no Ensino da Física. O primeiro SNEF ocorreu em São Paulo, no ano de 1970. A SBF não divulgou ainda os anais do evento a partir de 2013.
4. **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)** também é organizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), ocorrendo bienalmente, em ano contrário ao SNEF. Tendo a primeira edição em 1994, na cidade de Florianópolis, o EPEF é mais centrado na pesquisa em Ensino de Física, congregando estudantes e professores da pós-graduação, que discutem principalmente aspectos teóricos e metodológicos das pesquisas em Ensino de Física. Assim como citado para o SNEF, os anais do EPEF também só estão disponíveis até 2012.

Os periódicos selecionados são todos específicos da área de ensino de ciências ou de alguma das ciências, classificados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) dentro do sistema *qualis*. Foram eles:

1. **Ciência e Educação (1980-850X, versão on-line)**, editado pela UNESP-Bauru, é um periódico trimestral brasileiro classificado na CAPES no *qualis* A1. Aceita propostas de artigos originais para publicação nas áreas de educação em ciências, educação matemática e telas correlatos.
2. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (1806-5104)**, é uma publicação da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e tem como objetivo disseminar resultados e reflexões de investigações conduzidas na área de Educação em Ciências. A periodicidade é quadrimestral e está classificada como A2 no *qualis* da CAPES.
3. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências (1415-2150)**, é uma publicação do Centro de Ensino de Ciências e Matemática da FaE/UFMG (CECIMIG) e do Programa de Pós-graduação em Educação da mesma universidade. Publica artigos inéditos no campo da educação em ciências. Está classificada como A2 no *qualis* CAPES e tem periodicidade quadrimestral.

4. **Investigações em Ensino de Ciências (1518-8795)**, classificada no critério qualis da CAPES como A2, é uma revista internacional de periodicidade quadrimestral, voltada exclusivamente para a pesquisa na área de ensino e aprendizagem de ciências). Tem como objetivo a divulgação de trabalhos relevantes e originais de pesquisa para a comunidade internacional de pesquisadores, com foco na América Latina e península Ibérica.
5. **Química Nova na Escola (0104-8899)**, de periodicidade semestral, é uma publicação da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e se propõe a subsidiar o trabalho, a formação e a atualização da comunidade do Ensino de Química no Brasil. É classificada como B1 no qualis CAPES.

Buscamos também trabalhos nos periódicos **Revista Brasileira de Ensino de Física (A1)** e **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física (B1)**, mas sem obter nenhum resultado.

Ainda, buscamos teses e dissertações, nos bancos de dados da CAPES e em alguns repositórios dos programas de pós-graduação em ensino de ciências e/ou educação nos quais existem programas de pesquisa que trabalham com a teoria dos perfis conceituais.

Estabelecemos como critério para o levantamento da produção brasileira em perfil conceitual uma busca pelos termos “perfil conceitual” ou “perfis conceituais” nos títulos e nas palavras-chave do trabalho. Após a seleção dos trabalhos, realizamos uma leitura criteriosa dos resumos das teses e dissertações, dos trabalhos e artigos selecionados, para o levantamento do objetivo e evitar considerar na análise trabalhos em que o perfil conceitual apresentasse uma divergência considerável ao que propõe o programa de pesquisa relacionado.

Os trabalhos selecionados foram agrupados em tabelas com a descrição da origem (evento ou periódico), ano da publicação, autores, título e o objetivo do trabalho. A partir da análise destas tabelas e de uma segunda e cuidadosa leitura nos resumos dos trabalhos, buscamos analisar as tendências da produção a partir dos critérios apresentados a seguir:

A) Ano da Publicação: Analisar a ocorrência anual das pesquisas envolvendo a teoria dos perfis conceituais.

B) Disciplina de Origem do Conceito: Analisar qual a disciplina de origem convencional do conceito trabalhado na abordagem sugerida na pesquisa, ou seja, se é um conceito relacionado a Biologia, Física, Matemática ou Química. Se a pesquisa não trabalha nenhum conceito em específico, a classificação utilizada foi “outros”.

C) Região da Publicação: Verificar os locais de maior produção de trabalhos sobre a teoria dos perfis conceituais, em termos das regiões geográficas do país: Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro Oeste.

D) Natureza da Pesquisa: Analisar qual a natureza do estudo realizado. Para isso, apresentamos quatro classificações: Proposição de Perfil Conceitual (quando o objetivo do trabalho era a proposição de um perfil conceitual para um determinado conceito científico), Perfil Conceitual na Sala de Aula (quando o objetivo do trabalho estava relacionado com alguma aplicação de um perfil já proposto na sala de aula), Aspectos Teóricos do Perfil Conceitual (quando o objetivo do trabalho estava relacionado a alguma revisão ou acréscimo a base teórico-filosófica do perfil conceitual) e, por fim, Aspectos Metodológicos do Perfil Conceitual (quando o objetivo consistia em revisão ou acréscimo a base metodológica do perfil conceitual).

E) Nível de Ensino: Verificar se as pesquisas acerca do perfil conceitual são realizadas com foco no Ensino Fundamental, Ensino Médio ou Ensino Superior.

Os trabalhos identificados estão dispostos no quadro 01:

Quadro 1: Trabalhos sobre Perfil Conceitual identificados na análise de tendências

Dissertações e Teses			
Ano	Título	Autores	Origem
2004	Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações físico-químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do Ensino Médio	Amaral	UFMG
2005	Construção de um Perfil Conceitual de Vida	Coutinho	UFMG
2005	O Conceito de Força na Física – Evolução Histórica e Perfil Conceitual	Radé	Ulbra/RS

2007	Um Estudo sobre a Evolução Conceitual de Respiração	Sá	UFRPE
2010	A Dimensão Axiológica do Perfil Conceitual	Dalri	USP
2010	Perfil Conceitual de Adaptação: Uma Ferramenta para a Análise do Discurso de Salas de Aula de Biologia em Contextos de Ensino de Evolução	Sepúlveda	UFBA/ UEFS
2011	Um Perfil Conceitual para o Conceito de Substância	Silva	UFRPE
2014	Perfil Conceitual de Calor e sua utilização por Comunidades Situadas	Araújo	UFMG
2015	A Utilização do Perfil Conceitual de Substância em Sala de Aula	Sabino	UFRPE
2016	Análise de zonas do Perfil Conceitual de Substância que Emergem na fala de uma Professora de Química da Rede Privada de Ensino	Diniz Júnior	UFRPE
Artigos em Periódicos Nacionais			
Ano	Título	Autores	Periódico
1996	Construtivismo, Mudança Conceitual e o Ensino de Ciências: Para onde vamos?	Mortimer	IENCI
2001	Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Calor	Amaral Mortimer	RBPEC
2007	Construção de um Perfil para o Conceito Biológico de Vida	Coutinho Mortimer El-Hani	IENCI
2010	A Construção de um Perfil para o Conceito de Referencial em Física e os Obstáculos Epistemológicos a Aprendizagem da Teoria da Relatividade Restrita	Ayala Filho	IENCI
2012	Contribuição da Filosofia da Microbiologia para Fundamentar a Zona Relacional do Perfil Conceitual de Vida	Coutinho Martins Vieira	Ensaio
2013	Construção de um Perfil Conceitual de Adaptação: Implicações Metodológicas para o Programa de Pesquisa Sobre Perfis Conceituais e o Ensino de Evolução	Sepúlveda Mortimer El-Hani	IENCI
2013	Elaborando um Perfil Conceitual de Equação: Desdobramentos para o Ensino e Aprendizagem de Matemática	Ribeiro	Ciência e Educação
2013	Perfil Conceitual como Tema de Pesquisa e sua aplicação em conteúdos de biologia	Vairo Rezende Filho	Ensaio
2013	Proposta de um Perfil Conceitual para Substância	Silva Amaral	RBPEC
2015	Zonas do Perfil Conceitual de Calor que Emergem na Fala de Professores de Química	Diniz Júnior Silva Amaral	QNEsc

Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)		
Ano	Título	Autores
2001	Perfil Conceitual e/ou Perfil Subjetivo	Villani Arruda Laburu
2001	Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Calor	Amaral Mortimer
2003	Perfil Conceitual: Trabalhando Concepções de Matéria Através de suas Propriedades com Alunos e Alunas do Ensino Médio	Cunha Freire Jr.
2005	Construção de um Perfil Conceitual de Vida	Coutinho El-Hani Mortimer
2005	Literatura Científica e Perfil Conceitual Químico dos Alunos	Strack Loguércio Del Pino
2005	Utilizando Situações-Problema para a Tomada de Consciência do Perfil Conceitual: Um estudo com a ontodefinição de Vida	Coutinho El-Hani Mortimer
2005	Ampliando o Conceito de Tempo Através da Inserção da Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio	Karam Coimbra Cruz
2005	Polêmicas Sobre Abordagens para o Ensino de Ciências: Uma Análise, com Ênfase na ideia de Pluralidade Metodológica.	Bastos Nardi
2005	Proposta Metodológica para a Dinâmica Discursiva em Sala de Aula	Amaral Mortimer
2005	Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Força	Radé Santos
2007	Comparação de Perfis Conceituais de Vida Entre Alunos de Escolas Evangélicas e Não-Evangélicas no Ensino Médio	Matos Costa Silva Coutinho
2007	É Possível Definir Contextos de Usos de Zonas do Perfil Conceitual com um Questionário?	Viggiano Mattos
2007	Estudos Preliminares Sobre o Perfil Conceitual de Espécie	Soares Matos Coutinho Mortimer
2007	Relações Entre Motivação, Valor e Perfil Conceitual: Um Exemplo	Dalri Mattos
2007	A Relação entre Contexto e Perfil Conceitual: Um Exemplo para a Energia	Rodrigues Mattos
2007	Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Manguetzel: Primeiras Caracterizações de Zonas de Perfil	Silva Amaral Oliveira
2007	Uma Proposta de Perfil Conceitual para os Conceitos de Luz e Visão	Druzian Radé Santos

2009	Aplicação de um Perfil Conceitual para Adaptação à Análise de Interações Discursivas no Ensino de Evolução	Sepúlveda
2009	Construção de um Perfil para o Conceito de Morte	Nicolli Mortimer
2009	Bases Teóricas e Epistemológicas da Abordagem dos Perfis Conceituais	Mortimer Scott El-Hani
2011	Rede de Zoologia Interativa: É Possível uma Mudança no Perfil Conceitual de Estudantes do Ensino Médio sobre os Animais Peçonhentos?	Santos Lira-da-Silva
2011	Um Estudo Sobre a Evolução do Conceito de Respiração	Sá Jófilo Carneiro-Leão
2011	Projeto Água em Foco e Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência - PIBID: Traçando um perfil conceitual de poluição dos licenciandos de Química e Ciências Biológicas	Silva Silva
2011	Proposta de um perfil conceitual para substância	Silva Amaral
2013	Uma visão sócio interacionista e situada dos conceitos e a internalização em Vygotsky	Mortimer El-Hani
2013	As bases epistemológicas da teoria dos perfis conceituais	El-Hani Mortimer Silva-Filho
2013	A utilização do conceito de calor por bombeiros militares e técnicos em refrigeração de ambientes	Araújo Mortimer
2013	Transição do vitalismo para a visão de mundo mecanicista: contribuições para o Perfil Conceitual de Átomo	Murta Silva Araújo
2013	A Produção Brasileira Sobre a Noção de Perfil Conceitual – Analisando Tendências	Simões Neto Amaral
2015	Contribuições do conceito de Perfil Conceitual para o campo da Educação em Saúde	Venturi Mohr
2015	Relação entre contextos e zonas do perfil conceitual de substância na fala de professores de química	Diniz Júnior Amaral Silva
2015	O Perfil Conceitual de Calor e sua utilização em comunidades situadas	Araújo Mortimer
Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)		
Ano	Título	Autores
2003	O Potencial Didático de Jogos de Simulação: Um Estudo da Influência do Lúdico no Perfil Conceitual de Estudantes do Nível Médio	Oliveira Nardi
2007	A Construção de um Instrumento para o Levantamento do Perfil Conceitual de Ensinar e Aprender	Viggiano Mattos

Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)		
Ano	Título	Autores
2004	Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Massa	Santos Carbó
2008	Física e Poluição sonora: Uma Proposta de Dinâmica do Perfil Conceitual	Bastos Mattos
2008	Aspectos Afetivo-Cognitivos na Aprendizagem e Suas Influências na Escolha da Profissão de Professor de Física: Um Exemplo	Dalri Mattos
2008	Avaliando a Utilização das Zonas de Perfil Conceitual de Aprender e Ensinar em Diferentes Contextos	Viggiano Mattos
2010	O Conceito de Generalização: Explorando os Limites do Modelo de Perfil Conceitual	Santos Mattos
Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)		
Ano	Título	Autores
2004	Investigação da Própria Prática Pedagógica: As Interações Constitutivas em Ambientes Diversificados das Aulas de Química	Ramos Maldaner
2004	A Segunda Lei da Termodinâmica aplicada as Transformações Físico-Químicas: Uma Proposta de Perfil Conceitual	Amaral Mortimer
2004	O Perfil Conceitual como Instrumento da dinâmica discursiva em uma Sala de Aula de Química	Amaral Mortimer
2004	Perfil Conceitual: Analisando Resultados Obtidos em Sala de Aula	Cunha
2006	O Perfil Conceitual de Reações Químicas	Machado Jr. Assis Souza Vasconcelos Santos Cuevas
2012	Estudo preliminar sobre a utilização do perfil conceitual de calor em um curso para manutenção e instalação de aparelhos de refrigeração	Araújo Mortimer
2014	Identificando Zonas do Perfil Conceitual de Calor que emergem no discurso de um professor de Química	Diniz Júnior Silva Amaral

Fonte: Própria

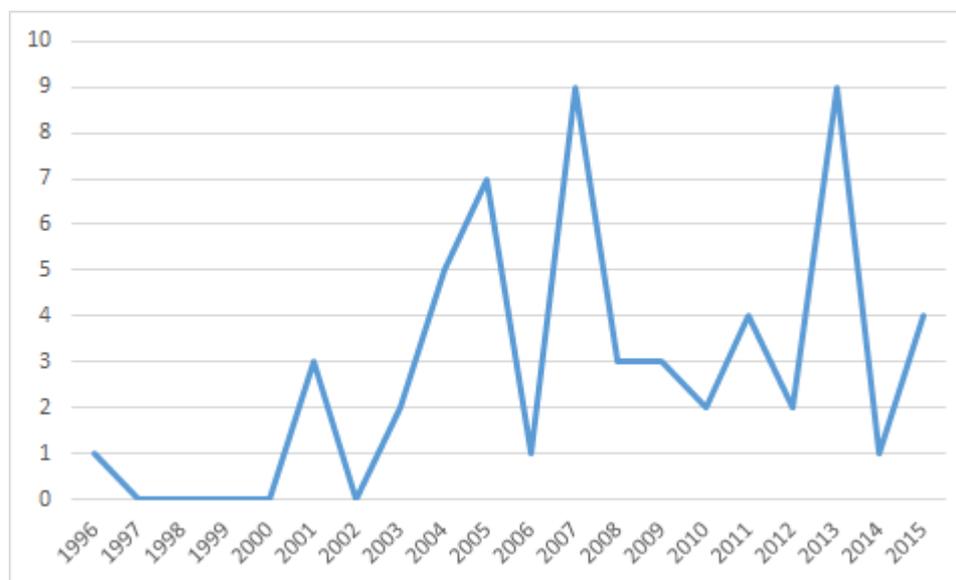
Os resultados serão apresentados para cada um dos critérios de análise de tendências elencados na metodologia.

1.5.1 Ano da Publicação

A teoria do perfil conceitual foi proposta por Mortimer em 1994, em sua tese, e depois divulgada internacionalmente em 1995, sendo então este o ano em que se

inicia a nossa análise. A evolução do número de trabalhos em relação ao ano pode ser observada no gráfico 01:

Gráfico 1: Tendências de Ocorrência Anual na Publicação de Trabalhos Sobre Perfil Conceitual



Fonte: Própria

Podemos observar um início de discussão tímido, com crescendo a partir de 2004 e atingindo o auge entre os anos de 2005 e 2007, que podemos considerar como o período de maior efervescência na divulgação e consolidação das pesquisas. Destacamos também o crescimento de publicações no ano de 2013.

O primeiro trabalho, em 1996, de Mortimer, apresenta a ideia de perfil conceitual em um periódico nacional e pode ser considerado o marco zero da produção aqui analisada.

Percebemos que os anais do ENPEC congregam a maior parte dos trabalhos envolvendo perfil conceitual, o explica a maior produção em anos ímpares, nos quais ocorre o evento. O perfil conceitual aparece nesse evento pela primeira vez em 2001, com dois trabalhos e desde então pelo menos um trabalho utilizando a teoria aparece nas edições bienais. Destaque para os anos de 2005 (sete trabalhos), 2007 (também sete trabalhos) e 2013 (cinco trabalhos).

Também foi no ENPEC que foram divulgadas as bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI, 2009), que possivelmente influenciou na diminuição da produção nos anos seguintes, pois definiu bem os critérios teóricos e metodológicos para utilização da

teoria dos perfis conceituais com relação a proposição de perfis e utilização em contextos de ensino e aprendizagem.

O ano de 2013 é significativo para a produção nacional sobre a teoria dos perfis conceituais por ser o ano com a maior produção em termos de artigos publicados em periódicos: quatro trabalhos, todos em quatro diferentes revistas classificadas no extrato qualis A pela CAPES.

1.5.2 Disciplina de Origem do Conceito

Encontramos uma quantidade bastante próxima de conceitos perfilados entre as disciplinas de Biologia, Física e Química. No entanto, a biologia merece um destaque, pois é a que mais propostas de perfil apresenta nos ENPEC, e por não fazer parte das nossas escolhas nenhum evento específico de ensino para esta disciplina, uma vez que buscamos um foco físico-químico na pesquisa. Também não observamos nenhum evento da área de Educação Matemática, por decisão metodológica. Os perfis conceituais encontrados nesta pesquisa são apresentados no quadro 2, com as respectivas disciplinas de origem:

Quadro 2: Disciplina de Origem dos Conceitos Perfilados

Disciplina	Conceitos Perfilados
Biologia	Vida, Espécie, Manguezal (não constituiu um perfil conceitual), Morte, Animais Peçonhentos, Respiração.
Física	Massa, Poluição Sonora, Tempo, Força, Energia (restrito a elencar concepções alternativas), Luz e Visão.
Química	Entropia e Espontaneidade, Reações Químicas, Estados Físicos da Matéria, Calor, Substância.
Matemática	Equação

Fonte: Própria

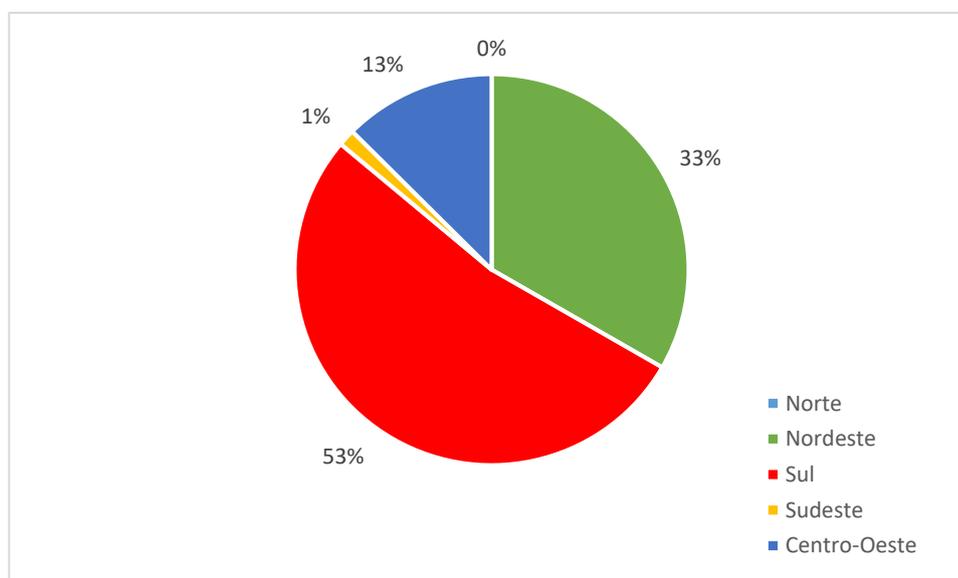
Inicialmente, a maioria dos trabalhos de proposição de perfil conceitual estavam ligados a Química, com um aumento de interesse das outras disciplinas a partir do início da década de 2000. Destaque para o perfil conceitual de Vida, com quatro trabalhos distintos relacionados.

Em junho de 2016, ocorreu em Belo Horizonte o simpósio Contribuições Contemporâneas para a Pesquisa em Perfis Conceituais, no qual foram apresentadas pesquisas em desenvolvimento para proposição de perfis conceituais em todas as disciplinas que compõem o bloco de ensino de ciências e matemática, dentre os quais destacamos: tempo, energia, função matemática e herança biológica. Tal observação mostra que a pesquisa relacionada a proposição de perfis conceituais é forte e ocorre, quase que exclusivamente, em nível doutorado.

1.5.3 Região da Publicação

Para identificação da região de publicação vamos considerar o local onde o trabalho foi desenvolvido, utilizando para isso o contraste com o levantamento em dissertações e teses. Quando o trabalho é de autoria dividida por pesquisadores já doutores, atribuímos a todos os locais envolvidos a região de autoria. As tendências são dispostas no gráfico 2:

Gráfico 02: Tendências de Ocorrência Regional na Publicação de Trabalhos Sobre Perfil Conceitual



Fonte: Própria

Existe um predomínio de pesquisas realizadas nas regiões Sudeste (trinta e oito trabalhos) e no Nordeste (vinte e quatro trabalhos) do país. A predominância do Sudeste pode ser explicada pela origem da teoria (estados de Minas Gerais e São Paulo, contribuintes máximos, com vinte e quatro trabalhos e treze trabalhos,

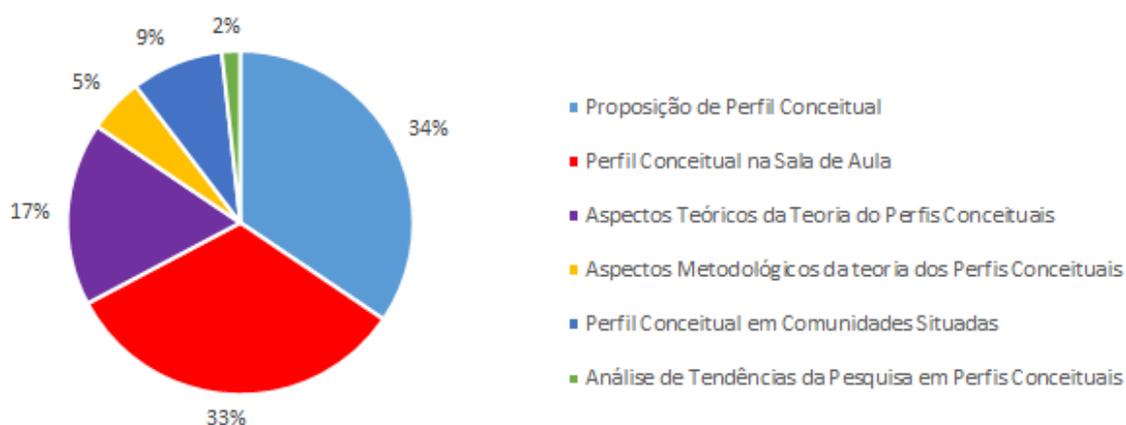
respectivamente). O Nordeste apresenta destaque por conta dos trabalhos originários da Bahia (nove) e Pernambuco (quinze). O Rio Grande do Sul apresenta sete trabalhos, sendo responsável por quase todos da região Sul, Santa Catarina possui dois trabalhos sendo um em colaboração com pesquisadores Paulistas. Existem autores da Espanha e Inglaterra participantes nos trabalhos levantados.

Especificamente em artigos publicados em periódicos nacionais, destacamos Minas Gerais (quatro artigos) e Pernambuco (dois artigos). Os demais estados (Rio Grande do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia) possuem um artigo. Destacamos ainda a participação do estado de Pernambuco em termos de dissertações (são quatro), mas ainda sem nenhuma tese defendida na área de perfil conceitual até então.

1.5.4 Natureza da Pesquisa

As tendências em termos a natureza da pesquisa estão no gráfico 03:

Gráfico 03: Tendências para Natureza da Pesquisa nos Trabalhos Sobre Perfil Conceitual



Fonte: Própria

A proposição de perfil conceitual é o tipo de pesquisa mais frequente, e consiste na identificação de zonas a partir de três fontes, que devem ser trabalhadas de maneira dialógica: fontes secundárias em história da ciência, trabalhos sobre concepções alternativas dos estudantes e dados colhidos através de questionários, entrevistas e análise de interações discursivas (MORTIMER et al, 2014).

Dois tipos de abordagem se destacam dentre as pesquisas que tratam do perfil na sala de aula, a análise de aspectos epistemológicos e a identificação de zonas de perfis já propostos. Apenas um trabalho se relaciona com a dimensão da aprendizagem pelo perfil conceitual, abordando a tomada de consciência a partir do uso de situações-problema.

Dez trabalhos abordam aspectos teóricos do Perfil conceitual, incluindo o artigo de apresentação da teoria. Destacamos a proposta da criação da dimensão axiológica do perfil conceitual e os trabalhos em que são divulgadas as bases teóricas e epistemológicas da teoria do perfil conceitual. Dentre os três artigos que tratam de aspectos metodológicos, dois apresentam os questionários como instrumento utilizado para coleta de dados buscando a proposição de zonas em uma proposta de perfil conceitual.

A partir de 2012 começam a aparecer trabalhos abordando a utilização de perfis conceituais em comunidades de prática. Dos cinco trabalhos identificados, quatro fazem relação direta com a investigação de Araújo (2014), com relação ao perfil conceitual de calor na visão de bombeiros militares e técnicos em refrigeração.

Existe ainda um trabalho publicado em 2013 no qual se apresenta uma análise de tendências sobre a produção brasileira sobre a teoria dos perfis conceituais, que está diretamente relacionado a essa seção dessa tese de doutorado.

1.5.5 Nível de Ensino

Esta classificação se relaciona com o nível de ensino no qual foram coletados dados para a proposição de zonas, ou identificação de zonas de perfis conceituais já existentes na literatura. Para esse critério, alguns trabalhos foram locados em mais de uma classificação, pois utilizaram dados ou interviam em mais de um nível.

Quase a metade dos trabalhos estão relacionados ao Ensino Médio (35%), principalmente os que tratam da identificação de zonas para perfis conceituais já propostos. A menor ocorrência está no Ensino Fundamental (3%). Cinco trabalhos utilizaram a teoria do perfil conceitual em comunidades situadas.

Os trabalhos que utilizaram apenas fontes secundárias de história e/ou levantamentos da literatura sobre concepções alternativas foram classificados como Ensino Superior. Trabalhos acerca de aspectos teóricos e metodológicos sobre a teoria dos perfis conceituais foram classificados como trabalhos teóricos e

representaram 22% da produção.

A partir da análise das tendências, podemos considerar que a produção nacional acerca da teoria dos perfis conceituais apresentou um crescimento significativo de trabalhos no período entre os anos de 2005 e 2007, mas, com a definição das bases teóricas do programa de pesquisa, a quantidade de trabalhos diminuiu. Um novo aumento ocorreu em 2013, ano de bastante produção, inclusive sendo o ano de maior ocorrência de artigos. Nos nossos resultados, encontramos uma coerência muito grande com a base teórica São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco e Bahia, que também são os estados que mais produzem pesquisas com perfis conceituais.

Os trabalhos envolvendo a proposição do perfil conceitual ainda são maioria, o que é bastante significativo. Destacamos que a maioria da produção em termos de proposição ocorre em nível doutorado, com exceção do perfil conceitual de substância (SILVA, 2011; SILVA e AMARAL, 2013), proposto em um trabalho de mestrado.

Porém, cresce o número de trabalhos envolvendo propostas de trabalho utilizando o perfil na sala de aula, o que mostra um redirecionamento de interesses sobre a teoria em tela. No entanto, a dimensão da aprendizagem ainda não é tratada de maneira ampla nas pesquisas.

Ainda, existem alguns trabalhos que estão operando em uma área de fronteira, como os trabalhos de proposições de acréscimos metodológicos, como a inclusão de questionários ou outros instrumentos e revisões teóricas.

Acreditamos que essa análise de tendências de pesquisa envolvendo a teoria dos perfis conceituais proporciona um panorama que permite delinear a produção nacional acerca dessa teoria: trata-se de um programa de pesquisa com produção crescente, com poucos grupos envolvidos na composição da comunidade de pesquisadores em perfis conceituais e que apresenta a tendência de ir além da proposição de perfis conceituais, buscando trabalhos de reestruturação da teoria, reelaboração de aspectos teóricos e metodológicos e aplicações em sala de aula e em outros contextos nos quais os conceitos perfilados são utilizados.

Essa pesquisa tem como objetivo principal a proposição de um perfil conceitual para o conceito de energia no contexto de ensino da física e da química, sendo assim uma pesquisa de proposição de perfil. No próximo capítulo, apresentamos os dados referentes a origem e desenvolvimento do conceito em tela.

CAPÍTULO 2

Origem e desenvolvimento histórico do conceito de energia

Neste capítulo, abordaremos a origem e o desenvolvimento histórico do conceito científico de energia, buscando identificar, a partir de um processo de reconstrução racional da história, ou seja, a história contada a partir de fatos metodologicamente interpretados, mas podendo ser contada a partir de versões modificadas (LAKATOS, 1987), as concepções de energia que encontraram sentido em diferentes momentos históricos. Desta forma, propomos uma trajetória histórica para o desenvolvimento deste conceito, a partir do estudo de fontes secundárias sobre a história da ciência e análises epistemológicas, como é justificado na metodologia sugerida no programa de pesquisa em perfis conceituais (MORTIMER, EL-HANI e SCOTT, 2009; AMARAL e MORTIMER, 2006). Alguns dos trabalhos utilizados para a composição desse capítulo têm finalidades didáticas, ou seja, são leituras da história da ciência que possuem finalidade de ensino de conceitos ou aspectos do desenvolvimento científico.

O objetivo deste capítulo está em fundamentar a proposição de um perfil conceitual para energia a partir de concepções que surgiram no desenvolvimento histórico desse conceito. Assim, as fontes históricas primárias, entendidas como produção dos próprios pesquisadores e filósofos para comunicar suas descobertas e conjecturas à comunidade científica, não são a principal escolha, diante das fontes secundárias, que são os estudos históricos de primeira ordem, de natureza historiográfica e/ou biográficas, a respeito de determinado período ou contexto de investigação (MARTINS, 2005).

Na etimologia, o termo energia vem do grego *energeia* (ἐνέργεια), fazendo parte da teoria do ato e Potência (*Energeia/Dinamis*), na tentativa de resolver a questão da possibilidade de movimento levantada pelos filósofos pré-socráticos. Embora com algumas controvérsias quanto a sua incorporação aos estudos da ciência, a maior parte dos autores (GRIBBIN, 2005; ORNELLAS, 2006; BUCUSSI, 2007; MARTINEZ, 2008 SOUZA e JUSTI, 2010; MELO, 2014) afirma que o termo científico energia surge em 1807, por meio dos trabalhos de Thomas Young (1773-1829), buscando relacionar o produto da massa pelo quadrado da velocidade ($m \cdot v^2$) - sendo definida como a capacidade de realizar trabalho, enunciado ainda bastante usado nos livros didáticos de ciências atuais. Segundo Melo (2014), Young buscou utilizar energia para evitar a

utilização do termo **força**, bastante associado à sua definição newtoniana.

De acordo com Sevilla Segura (1986), as características centrais do conceito de energia nos levam a considerar suas múltiplas perspectivas e a pluralidade de significados em diferentes contextos. Energia é um conceito abstrato, que unifica uma quantidade de fenômenos em torno de sua compreensão e que, ao longo do seu desenvolvimento histórico, passou por mudanças de significados, até chegar à compreensão científica atual. Concordamos com Souza (2007), quando afirma que a formulação do conceito científico de energia não ocorreu de forma direta, como se a primeira lei da termodinâmica já estivesse estabelecida, apenas aguardando seu descobridor.

Apresentamos o objetivo deste capítulo, que é traçar uma trajetória histórica que seja representativa da origem e o desenvolvimento do conceito de energia, a partir de relações com outros conceitos, as controvérsias existentes durante seu desenvolvimento, bem como concepções estabilizadas em determinados contextos que podem ser relacionadas a concepções informais sobre energia. Justificamos que a proposta aqui apresentada não busca ser completa, mas suficiente para os objetivos deste trabalho, com foco nas discussões associadas a contextos do ensino da Física e da Química, considerados para a proposição do perfil conceitual de energia.

Partimos, então, da origem grega do conceito, desenvolvendo uma trajetória histórica em direção ao entendimento da energia a partir de sua propriedade mais fundamental, a sua conservação, destacando momentos históricos de controvérsias, como a disputa da vis-viva (ILTIS, 1971; SMITH, 2006; ORNELLAS, 2006) e a disputa entre a teoria do calórico e a teoria mecânica do calor (BEN-DOV, 1996; GRIBBIN, 2005; PULIDO e SILVA, 2011), até a busca por um equivalente mecânico do calor e o estabelecimento da conservação de energia (FEYNMAN, 2001; COELHO, 2009; KUHN, 2011)

2.1 Energeia – A gênese do termo Energia

Neste trabalho, consideramos o pensamento dos filósofos pré-socráticos como o marco zero da história que aqui buscamos discutir. Tais pensadores foram os responsáveis pela valorização maior do *logos*, antes colocado em segundo planos pela importância do *mythos*, ou seja, passaram a considerar a razão ou estudo sistemático, diminuindo, embora não desconsiderando, o papel da mitologia. Esses

se apresentavam como mensageiros e investigadores da verdade e estavam, também, preocupados com a compreensão da natureza, com destaque para o questionamento sobre a composição de todas as coisas. Neste aspecto, destacamos a escola jônica, o pluralista Empédocles e os filósofos atomistas de Abdera (MACIEL-JR., 2003).

Os jônicos buscavam compreender a composição de todas as coisas a partir do estabelecimento de uma *arché*, que podemos entender como o princípio formador e ordenador de tudo. Para Thales de Mileto (624 a.C.-546 a.C.) era a água. Para Anaximandro (610 a.C.-547 a.C.) era o *apeíron*, uma ideia não concreta, que significa o ilimitado, que tudo podia gerar e que poderia ser destruído em situações específicas. Anaxímenes (585 a.C.-526 a.C.) buscou uma *arché* intermediário, não tão concreto como a água, nem tão abstrato quanto o *apeíron*, sugerindo o ar, que podemos sentir, mas não podemos ver em sua forma natural. Associado aos chamados pluralistas, Empédocles (490 a.C.-430 a.C.) propôs que eram quatro os princípios formadores de todas as coisas: terra, fogo, ar e água, constituindo o que conhecemos como a teoria dos quatro elementos, bastante conhecida e recorrentemente enunciada em diversas mídias até a atualidade, no entanto, sem se constituir como base científica para as discussões.

Uma outra forma de pensar a constituição natural de todas as coisas é atribuída aos filósofos atomistas Leucipo (que viveu por volta do ano 500 a.C.) e seu discípulo Demócrito (460 a.C.-370 a.C.), ambos de Abdera. Eles propuseram a ideia de átomo, como porção mínima e indestrutível da matéria (MARTINEZ, 2008). Para Leucipo, os átomos eram indivisíveis, sólidos, compactos e polimorfos, e que combinados poderiam formar todas as coisas existentes. Além dessas características, Demócrito acrescentou a indestrutibilidade dos átomos, bem como pesos e formatos específicos para cada tipo de corpo (FILGUEIRAS, 2004).

Destacamos o papel fundamental de Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) como grande sistematizador do conhecimento grego sobre a natureza. Adepto dos quatro elementos de Empédocles, Aristóteles procurou explicação para outras questões relacionadas com a Física e as manifestações naturais do nosso mundo, e destacou como primeiro princípio para a natureza o movimento: um objeto que se move assim o faz por algo que o faz se mover (ZINGANO, 2002). Vale apontar também a existência, segundo Aristóteles, de movimentos naturais, do corpo tentando retornar ao seu lugar natural, como uma pedra que cai para o solo, o seu local, e movimentos

forçados, existindo uma causa intrínseca a sua essência.

Ainda, todo movimento exige uma causa, que determina a passagem da potência (*dinamis*) ao ato (*energeia*). Esses dois conceitos são centrais no pensamento aristotélicos e se relacionam, pois, “a matéria é potencialidade pura, *dinamis*, que vem realizada de virtudes da *energeia* quando passa ao ato da forma” (ORNELLAS, 2006, p. 14).

Como destaca Lindsay e também Valente, em trabalhos distintos citados por Gomes (2015), a introdução do termo *energeia* é feita por Aristóteles na sua obra *Metafísica*. Alguns exemplos podem ser apresentados para ilustrar seu significado neste contexto:

1. Campos e Ricardo (2012) apontam um exemplo para a teoria do ato e potência dado pelo próprio Aristóteles, na *Física*, no qual considera a semente como uma forma inacabada de árvore, e busca sua atualização gradualmente, ou seja, a semente é uma semente em ato, e uma árvore em potência, e deve estar submetida ao processo de mudança ou movimento, pelas virtudes da *energeia*, indo em direção ao estado de árvore, o de maior desenvolvimento, passando gradualmente por estágios intermediários.
2. No trabalho de Elkana (1974, apud GOMES, 2015), é apresentada a analogia do mármore convertido em estátua pelas mãos do escultor. No processo, o escultor se desfaz de parte da pedra para fazer emergir a forma, a estátua. Assim, a matéria é atualizada pelas virtudes da *energeia*, assumindo a sua forma final, a de estátua.
3. Burattini (2008) aponta um exemplo centrado nas máquinas gregas, movidas por homens ou animais. Por si só, as máquinas nada realizam, mas podem vir a realizar (*dinamis*) quando algo é transferido, pelo homem ou outro animal, fazendo com que exista a mudança ao ato e forma final (*energeia*).
4. Um outro exemplo pode ser dado a partir de transformações naturais associadas a alguns animais, como por exemplo, lagartas, que após período em casulo, se transformam em borboletas. Assim, a lagarta tem potencial inerente (*dinamis*) em se tornar uma borboleta, seu estágio final ou real, alcançado pelas virtudes da *energeia*.

Percebemos que a ideia aristotélica de *energeia* não se parece com o que

entendemos como conceito científico de energia, nos dias atuais. Buscando uma definição para o termo neste contexto, encontramos em Puente (1995, p. 399) uma proposta que nos parece satisfatória: para Aristóteles, a *energeia* é como “o existir da coisa, mas não como quando dizemos que está em potência”. Ou seja, a *energeia* é a existência real do portador de potencial inerente (*dinamis*) e que se contrapõe à possibilidade de potência, que seria o estado final, que é o existir pleno, não mais apenas em potência.

2.2 O Complexo Força-Energia e a Controvérsia da *Vis-viva*

Após longo período de esquecimento, o pensamento aristotélico volta a ser relevante nos grandes centros da Europa, trazido do oriente, e em curto período de tempo sendo alvo de oposição da igreja católica. Porém, Tomás de Aquino (1225-1274), membro da igreja católica, desenvolveu grande interesse pela obra do filósofo grego e percebeu a necessidade da igreja em aceitá-la (CHASSOT, 1994; ORNELLAS, 2006). Surgia assim a Escolástica, releitura das obras de Aristóteles, numa perspectiva cristã, que ainda se resguardava com relação a algumas explicações sobre a natureza, como por exemplo, o movimento aristotélico.

Ao estabelecer a escolástica Tomás de Aquino direcionou o pensamento acerca da natureza no sentido de uma racionalização matemática, uma vez que buscava a conciliação entre a ideia de contato direto com a verdade revelada pela fé cristã, com um ideal de racionalidade oriundo das leituras dos gregos, em especial Platão e Aristóteles. Tal fato foi fundamental para o estabelecimento do chamado **complexo força-energia**, reunião de ideias sobre o movimento, que foram separadas nos conceitos de força e energia de maneira progressiva, em longo período de tempo no curso da história (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992).

O desenvolvimento de ideias relacionadas ao complexo força-energia passa pela **controvérsia da *vis-viva*** (ILTIS, 1971; SMITH, 2006), ou seja, a disputa entre Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) e sua concepção de *vis-viva* e os seguidores das ideias de René Descartes (1596-1650), defensores da quantidade de movimento, para a medida do movimento e da força de um corpo (RAMOS e PONCZEK, 2011).

Tal controvérsia, também chamada de controvérsia *vis-viva x momentum*, tem início em 1686, ano em que Leibniz enuncia publicamente alguns pensamentos sobre os pensamentos de Descartes com relação à mecânica, tentando mostrar a não

equivalência entre a força associada a um corpo em movimento e a quantidade de movimento cartesiana (ILTIS, 1971; QUEIROZ e TEIXEIRA, 1992). Após estudo detalhado de várias obras, com destaque para trabalhos de Galileu e do próprio Descartes, Leibniz começa a defender a ideia que a medida apropriada para estudar o movimento dos corpos não é o momento, mas a quantidade até então desconhecida dada pelo produto da massa pelo quadrado da velocidade.

Galileu Galilei (1564-1642), fazia referência a uma grandeza chamada de ímpeto, ao afirmar que um corpo, em movimento de queda, alcançaria a mesma altura de partida se o choque com a superfície fosse elástico e desprezando a resistência do ar (SOLBES e TARÍN, 2008). Tal grandeza foi pensada para explicar a perpetuação ou continuação do movimento de um corpo quando lançado por outro. O conceito de ímpeto foi introduzido por pensadores escolásticos, e pode ser entendido como um poder interno, implantado em um corpo por outro que inicia o movimento, chamado de propulsor, que permite o seu movimento perpétuo ou contínuo (CHERMAN, 2004; GARCIA e MAURÍCIO, 2005).

Em outras palavras, ao pensar no lançamento de uma pedra por uma pessoa, o ímpeto seria um elã ou impulso que a mão imprime à pedra, e sua presença é a causa da continuação do seu movimento (BEN-DOV, 1996). O interesse de Galileu foi demonstrar que o ímpeto fornecido a um corpo por uma força, causada pelo seu propulsor, fica constante ao longo de todo o seu movimento, a não ser que seja submetido a algum tipo de resistência, como por exemplo, a ação do ar (GOMES, 2015).

Ainda que Galileu não faça nenhuma consideração sob uma visão de conservação, Solbes e Tarín (2008) consideram tal pensamento como uma das primeiras manifestações da conservação de uma quantidade e baseado nesta questão, o cientista holandês Christiaan Huygens apresenta em 1669, na *Royal Society of London* a ideia de que, numa colisão entre corpos, o que se conserva é a soma dos produtos entre a massa e o quadrado da velocidade ($m \cdot v^2$), grandeza que foi posteriormente chamada de *vis-viva* por Leibniz em artigo publicado na *Acta Eruditorum* no ano de 1686 (ORNELLAS, 2006; SMITH, 2006; BUCUSSI, 2007).

No entanto, vinte e cinco anos antes de Huygens anunciar suas ideias, Descartes, ao estudar o movimento dos corpos, introduziu o termo quantidade de movimento, no sentido de uma força que atua sobre um corpo em movimento, e que podemos entender como o produto entre a massa do corpo e a velocidade – $m \cdot v$

(SMITH, 2006; BUCUSSI, 2007; RAMOS e PONCZEK, 2011). Para o francês, tal grandeza era conservada no universo como um todo devido a causa única e geral do movimento, Deus, que preserva a mesma quantidade de movimento desde a criação de todas as coisas (ILTIS, 1971).

Ainda segundo Ittis (1971), no contexto da época em que Leibniz iniciou a controvérsia, tanto o conceito de *vis-viva* quanto a quantidade de movimento se apresentaram utilizando o termo força, em sentidos distintos entre si e também do conceito newtoniano de força.

Tal controvérsia se arrasta por décadas. Vários problemas subjacentes à controvérsia surgiram na Física e alguns pensadores buscaram clarificar tais questões. Destacamos os trabalhos de Jean le Rond d'Alembert (1717 – 1783), que ressaltou em seus trabalhos a validade das duas grandezas no trato das questões de movimento (ILTIS, 1971; QUEIROZ e TEIXEIRA, 1992; ORNELLAS, 2006). No ano de 1743, quando da publicação do seu livro "*Traité de Dynamique*", o francês apresenta o problema da controvérsia da seguinte forma:

Por trinta anos, matemáticos tiveram suas opiniões divididas quanto a considerar a força de um corpo em movimento proporcional ao produto da massa pela velocidade, ou ao produto da massa pelo quadrado da velocidade; por exemplo, se um corpo duas vezes maior que o outro, e que tem uma velocidade três vezes maior, tem uma força dezoito vezes ou somente seis vezes maior (D'ALEMBERT, 1743, apud QUEIROZ e TEIXEIRA, 1992, p. 40).

Então, d'Alembert oferece uma relevante saída para essa controvérsia, buscando explicar que os pontos de vista de Descartes e Leibniz são apenas aparentemente dicotômicos, e que, segundo Queiroz e Teixeira (1992), podem ser reconciliados mediante definições apropriadas:

O conceito de força de Descartes envolve a suposição de que a eficácia de uma força é medida pelo seu efeito ao longo do tempo, e o conceito de força de Leibniz mede essa eficácia pelo seu efeito ao longo do espaço, ou, em outras palavras, pelo efeito cumulativo da força em uma distância (QUEIROZ e TEIXEIRA, 1992, p. 40).

Em sua argumentação, d'Alembert expõe: "um corpo sob a ação de uma certa força leva certo tempo para percorrer determinada distância". Assim, podemos

observar uma relação de tempo e uma relação de espaço associada ao movimento. No primeiro caso, a partir das leis de Newton para o movimento, concluiu que a medida da força se faz através da quantidade de movimento produzida. Na segunda relação, utilizando um sistema massa-mola, evidencia um argumento favorável a *vis-viva*, mostrando que o movimento está relacionado a variação de *vis-viva* produzida (QUEIROZ e TEIXEIRA, 1992; ORNELLAS, 2006).

A conclusão de d'Alembert, apontada por Queiroz e Teixeira (1992) e Oliveira, Fireman e Bastos Filho (2013), é que se trata de uma mera disputa sobre termos distintos, e que os pontos de vistas não são tão discrepantes quanto parecem. Ainda, ambos trabalhos afirmam que, apesar da solução dada por d'Alambert, a controvérsia ainda durou muito tempo após a apresentação das ideias do pensador francês.

Atualmente, essa controvérsia pode ser entendida como a disputa entre a conservação do momento linear ($m \cdot v$) e a conservação da energia cinética – atualmente $\frac{1}{2} m \cdot v^2$, sendo o fator $\frac{1}{2}$ introduzido por Gaspard de Coriolis (1792-1842), ao relacionar a *vis-viva* ao trabalho. A energia potencial, outra forma de energia relacionada ao complexo força-energia só surge nos trabalhos de Lazare Carnot (1753-1832), pai de Sadi Carnot (1796 – 1832), sobre a *vis-viva* latente, ao afirmar que todo corpo, em uma determinada altura com relação ao referencial zero, possuía *vis-viva* (ou *vis-mortua*, neste contexto) uma vez que ao cair, entrava em movimento (BUCUSSI, 2007). Desta forma, podemos observar a energia relacionada ao movimento, e que pode estar contida nos corpos.

De acordo com Ben-Dov (1996), as duas grandezas são conservadas em processos físicos, no entanto, apenas a conservação da quantidade de movimento é puramente mecânica. A conservação da *vis-viva* ocorre de forma muito mais ampla, para além da mecânica.

Segundo Solbes e Tarín (2008), ao final do século XVIII, a conservação da *vis-viva*, uma formulação associada a atual conservação de energia, se consolida como uma lei deveras estabelecida na mecânica.

2.3 O Calor: Fluido ou Movimento?

O interesse do homem pelo calor é remoto, na pré-história, quando através do fogo o homem conseguia se proteger do frio, afastar feras e cozinhar seus alimentos. O calor foi objeto de atenção, para estudo ou satisfação de curiosidade de diversos

estudiosos, místicos, práticos, sendo compreendido de diversas formas, em diferentes contextos históricos. Do ponto de vista da ciência moderna, o fogo pode causar a combustão, fenômeno inicialmente explicado no século XVII pela teoria do Flogístico (ou flogisto), associada a Joachin Becher (1635-1682) e Georg Stahl (1659-1734). O flogístico pode ser entendido como um fluido, contido em todos os corpos passíveis de combustão, e que é liberado durante a queima (CHASSOT, 1994; BENSUAUDEVINCENT e STENGERS, 1992).

A partir dos trabalhos do químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), destacado na história como o descobridor do oxigênio, embora existam controvérsias históricas com relação a essa descoberta, atribuída também a Priestley e Scheele, a teoria do flogístico é posta em dúvida. Ele demonstrou em experimentos que a combustão poderia ser explicada pelo oxigênio presente no ar (TOSI, 1989). Na sua mais importante obra, o Tratado Elementar de Química, de 1789, Lavoisier apresenta uma proposta de classificação para substâncias químicas conhecidas (cerca de vinte e três), incluindo entre elas o calor (PARTINGTON, 1957/1989; HUDSON, 1992), chamado de calórico (no original em francês, *calorique*), imprimindo uma visão substancialista, que entende o calor como substância material (AMARAL e MORTIMER, 2001; GRIBBIN, 2005; BUCUSSI, 2007).

Embora o interesse do homem sobre o aquecimento e o resfriamento das substâncias e materiais seja remoto, apenas com a invenção dos termoscópios, equipamento sem graduação, pois a altura da coluna depende da temperatura e da pressão atmosférica, os estudos qualitativos acerca desses fenômenos foram iniciados. Tais equipamentos apenas indicavam a relação existente entre o aquecimento e a expansão de um fluido, ar ou água principalmente. O progresso científico trouxe a invenção dos termômetros, dispositivos com escala de medição, que possibilitou a diferenciação entre calor e temperatura (GOMES, 2012), nos trabalhos do francês Joseph Black (1728-1799) – a quantidade de calor recebida por um corpo e a conseqüente elevação da temperatura guardavam relação com as propriedades físicas do material (CHERMAN, 2004). Voltaremos em momento posterior a tratar dessa distinção.

No desenvolvimento da ideia de calor, destacamos outras contribuições de Black, cujos experimentos levaram a algumas grandezas e termos utilizados até hoje na termodinâmica e termodinâmica química, tais como: caloria, calor latente e capacidade calórica. Destacamos o experimento que determinou a definição do calor

latente: Black percebeu que uma certa quantidade de gelo, mesmo recebendo de forma contínua mais calor, não aquecia até que todo o gelo se derretesse por completo (CHERMAN, 2004) e ainda forneceu um meio para realizar cálculos (SOLBES e TARÍN, 2008).

Ainda, Black percebeu que substâncias diferentes atingem temperaturas diferentes, quando aquecidas pela mesma quantidade de calor. Desta forma, estabeleceu, em 1760, a relação entre a quantidade de calor (Q) e a variação de temperatura (ΔT): $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, na qual m é a massa do corpo e c uma grandeza que ele denominou afinidade para o calor, hoje, calor específico (CHERMAN, 2004; ORNELLAS, 2006; BUCUSSI, 2007). Assim, percebemos que não é a temperatura que se transmite de um corpo para o outro, e sim o calor.

As contribuições de Black e outros cientistas deram origem a teoria do calórico, que explicava fenômenos como a dilatação dos corpos quando aquecidos e a transferência de calor – as “partículas de calor” se repeliam mutuamente, expandindo o volume do corpo, ou se espalhavam de um corpo para outro, em contato direto (SILVER, 2008). Nessa perspectiva, o calor era tratado como algo material e o objetivo das investigações científicas passa a ser entender o processo de propagação do calor como se fluísse de um corpo para outro de temperatura mais alta para o de temperatura mais baixa (PINHO e ANDRADE, 2002).

Em 1783, Lavoisier, em colaboração com Pierre Simon, o marquês de Laplace (1749-1827) realizou a medição de vários calores específicos e latentes (SOLBES e TARÍN, 2008) e ainda apresenta uma explicação para as mudanças de estados físicos das substâncias baseados na interação com as partículas de calórico: as partículas de calórico se combinam com as partículas do sólido, dando origem a substância no estado líquido, que por sua vez pode se combinar novamente com as partículas de calórico, formando o gás (BRITO, 2008). Também é contribuição de Lavoisier a demonstração, via medidas bastante precisas, que o calórico não possuía massa, embora fosse uma substância (SOLBES e TARÍN, 2008).

Diferentes cientistas assumiam diferentes concepções acerca da natureza do calórico, mas que guardavam relações perceptíveis de semelhança entre si. Segundo Gomes (2012), a visão lavosieriana do calórico era semelhante em vários aspectos a outras visões, como as de Black e outros, como: Herman Boerhaave (1668-1738), Pieter van Musschenbroek (1692-1761), William Cleghorn (1718-1754), William Irvine (1743-1787) e Adair Crawford (1748-1795). Observando os trabalhos de Pinho e

Andrade (2002), Brito (2008), Medeiros (2009) e Gomes (2012), podemos citar as seguintes propriedades centrais do calórico:

1. O calórico é um fluido elástico e material, constituído de partículas que se repelem fortemente.
2. As partículas de calórico são fortemente atraídas por partículas materiais, com diferentes intensidades, para cada tipo de substância e estado de agregação.
3. O calórico possui massa, no entanto, essa é desprezível.
4. Pode ser sensível, quando se espalha pelos espaços vazios das substâncias uma espécie de atmosfera ao redor das partículas de matéria.
5. Pode ser latente, combinando-se com partículas da matéria a partir de reações químicas, como as outras substâncias materiais.
6. Não pode ser criado e nem destruído, portanto, era conservado.

Outra visão sobre o calor, relacionando este ao movimento, era também defendida por vários cientistas da época, entre eles Francis Bacon (1561-1626) e Robert Boyle (1627-1691) em trabalhos publicados, respectivamente, em 1620 e 1650 (ORNELLAS, 2006). Tais trabalhos, precursores de uma visão que seria retomada no século XIX, envolviam o aumento da temperatura de sistemas mediante atrito, foram contestados por adeptos da teoria do calórico, que afirmaram que o atrito simplesmente espremia as partículas do calórico para fora dos materiais, da mesma forma que a água contida em uma esponja.

Essas duas formas de pensar a natureza do calor direcionam a uma segunda controvérsia relacionada a evolução do conceito de energia, que vamos chamar de **controvérsia fluido versus movimento**. De um lado, os defensores da teoria do calórico, e do outro, os que pensavam o calor como produto do movimento interno das partículas de um corpo.

Ben-Dov (1996) faz uma síntese das concepções participantes desta controvérsia, destacando a natureza do calor, a natureza da temperatura e a transferência de calor:

1. Para os adeptos da **teoria do calórico**, o calórico é um fluido sutil que preenche o interior dos corpos materiais. A temperatura é a medida da densidade de calórico contida em determinado corpo e a transferência de

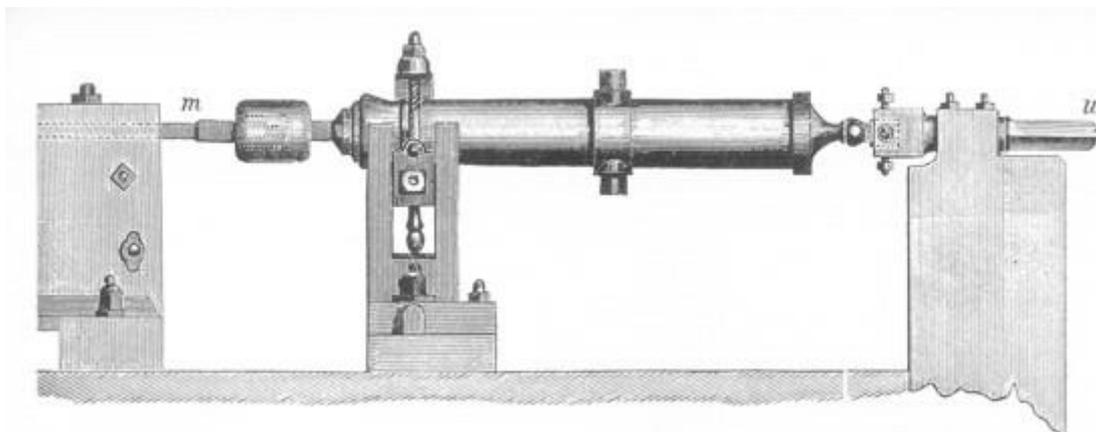
calor é entendida como o escoamento das partículas do calórico da região de maior pressão para a região de menor pressão, ou seja, da maior para a menor densidade de calórico

2. Já na **teoria mecânica do calor**, esse é uma vibração dos átomos que compõem a matéria, sendo a temperatura a medida da intensidade dessas vibrações. Nesta perspectiva, a transferência de calor pode ser entendida como a propagação dessas vibrações de um corpo para outro.

Essa controvérsia começou a ser esclarecida a partir do trabalho do inglês Benjamin Thomson, o conde Rumford (1753-1814), ao trabalhar na perfuração de canhões em Munique, na Baviera, região da Alemanha. Em 1798, a partir da observação criteriosa de uma ação corriqueira, teve a intuição sobre a natureza dinâmica do calor, a sua mais famosa contribuição às ciências (BRICCIA e CARVALHO, 2011; GOMES, 2012).

Rumford, ao observar a fabricação da peça principal da arma, verificou que o atrito produzido pela broca em contato com o metal produzia aquecimento suficiente para colocar em ebulição uma quantidade de água usada para resfriar o sistema. (PARTINGTON, 1957/1989; HUDSON, 1992; GOMES, 2012). A figura 2 apresenta a montagem experimental realizada:

Figura 2: Experimento de Rumford



Fonte: Wilson (1968)

Rumford tomou uma base de canhão de bronze fundido, recém-saído da

fundição, que foi fixado horizontalmente na máquina de perfuração. Para fins de estudo, separou um curto cilindro sólido, que girava em torno do eixo horizontal, ligado ao restante da base do canhão por um pequeno gargalo. A broca utilizada no equipamento era menor que o cilindro, que após um tempo de perfuração ficou oco. Além disso, um termômetro foi colocado para medir a temperatura do sistema (WILSON, 1968; PINHO e ANDRADE, 2002; ORNELLAS, 2006; BUCUSSI, 2007).

Segundo a descrição do próprio Rumford, foram realizados três experimentos, dos quais apenas o terceiro interessa a descrição das ações e resultados. Nesse, utilizou uma broca cega para trabalhar no cilindro, imerso em uma caixa quadrangular de madeira impermeável, na qual de um lado entrava a broca e do outro ficava o gargalo que segurava o cilindro a base do canhão. A caixa então foi preenchida com água suficiente para completa-la, à uma temperatura de 60°F, cerca de 15,5°C. O cilindro girava trinta e duas vezes por minuto, com geração de calor, verificável pelo aumento da temperatura. Em cerca de duas horas e meia, a água contida no recipiente entrou em ebulição (PINHO e ANDRADE, 2002; ORNELLAS, 2006; GOMES, 2012).

A conclusão de Rumford foi que havia uma produção contínua de calor durante a perfuração do cilindro, o que contrariava a teoria do calórico, pois nesta visão o calor seria limitado e extraído do metal como o suco de uma fruta até o esgotamento (CHERMAN, 2004; PULIDO e SILVA, 2011). Suas conclusões sobre o experimento são apresentadas:

Mas é preciso adicionar que qualquer coisa que um corpo isolado, ou sistema de corpos, pode continuar a fornecer sem limitação, não pode de maneira alguma ser uma substância material; E parece-me ser extremamente difícil, senão impossível, formar qualquer ideia distinta de qualquer coisa que seja capaz de ser excitada e comunicada, de maneira pela qual o calor foi excitado e comunicado nestes experimentos, a não ser que ela seja movimento. (THOMSON, 1798, apud MAGGIE, 1935, p. 160-161)¹.

Um ano depois, o químico inglês Humphry Davy (1778-1829) realizou um experimento no qual duas pedras de gelo derretiam quando atritadas uma à outra, a partir de mecanismos elaborados que evitavam o contato com o ambiente. Sendo a

¹ A tradução utilizada foi realizada pelo Prof. Oswaldo Pessoa Jr., em material utilizado na disciplina Tópicos de História da Física Moderna, na USP, no ano de 2004, disponível em: www.fflch.usp.br/df/opessoa/HCTex-Rumford.pdf.

capacidade térmica da água maior que a do gelo, logo, não se poderia atribuir o aumento da temperatura à diminuição da capacidade térmica. Ainda, a composição química do sistema permaneceu constante. A conclusão de Davy foi que a fricção causava uma vibração nas partículas do material, e isso era o calor (SILVER, 2008; PULIDO e SILVA, 2011).

Diferente do que encontramos na maioria dos livros didáticos de Física e Química, os experimentos do conde Rumford e de Davy não foram cruciais para provar que o calórico não existia e conseqüentemente a superação da controvérsia fluído versus movimento. Para Medeiros (2009), estes trabalhos apenas lançaram a “conjectura de que o calor deveria ser uma forma de movimento, fornecendo vários indícios que nortearam o caminho daqueles que o seguiram nesse pensamento” (GOMES, 2012, p. 1056). Ou seja, esses resultados não chegaram a determinar a derrocada da teoria do calórico mas podem ser considerados como a base para a consolidação de uma teoria dinâmica do calor (GRIBBIN, 2005; ORNELLAS, 2006; SILVER, 2008). Ainda em Gomes, destacamos a afirmação:

Sabidamente, Rumford concentrou o seu ataque final no princípio basilar para os caloristas, a saber: o princípio da conservação do calórico... mostrou que havia uma fonte inesgotável de calor por atrito. Se o calórico fosse retirado de um objeto por fricção, como alegavam os caloristas, deveria haver um estágio em que todo o calórico seria esgotado. Mas isso não foi observado. Dessa maneira, se um objeto isolado pode continuar a fornecer calor, indefinidamente, então o calor não pode ser uma substância material (GOMES, 2012, p. 1061-1062).

Na metade do século XIX alguns cientistas procuraram determinar o que chamamos de equivalente mecânico do calor, ou seja, buscaram demonstrar que o trabalho mecânico poderia ser convertido em calor (SILVER, 2008), sendo então equivalentes. Essa busca pode ser entendida como a procura pela junção das ideias acerca da energia advindas da mecânica (relacionada com o complexo força-energia) e da termodinâmica (relacionada ao calor).

2.4 A Busca pelo Equivalente Mecânico do Calor

Para Kuhn (2011, p. 92), “a atmosfera do pensamento científico europeu incluía elementos capazes de conduzir os cientistas receptivos a uma nova e importante visão da natureza”, o que contribuiu para a busca de um equivalente mecânico do

calor.

Consideramos que a primeira proposta de um equivalente mecânico do calor foi de Julius Robert Mayer (1814-1878), trabalhando com os calores específicos de diferentes gases, em trabalho submetido a revista *Annalen der Physik*, em 1842, que, no entanto, foi recusado, mas publicado posteriormente em outro periódico (SILVER, 2008; COELHO, 2009). O contexto que conduziu o médico rumo a esta observação físico-química nos parece interessante e merece especial destaque.

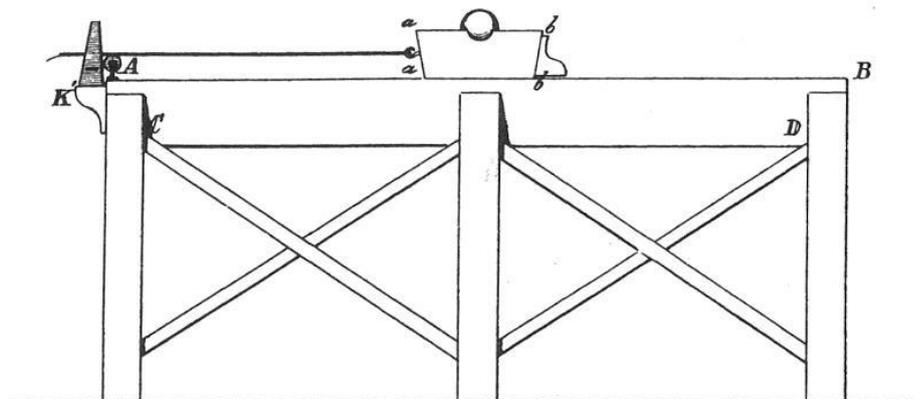
Viajando a serviço, como médico, em um navio ancorado na ilha de Java, localizada no oceano pacífico sul, Mayer verificou que o corpo humano não precisava gerar uma grande quantidade de calor para manter constante a temperatura na região tropical, ou seja, utilizava menos oxigênio, o que conferia uma coloração avermelhada mais viva ao sangue venoso, ficando esse semelhante ao sangue arterial.

Para Cherman (2004), Mayer supôs que a energia dos alimentos era responsável pelo trabalho realizado pelo corpo humano, e desta forma, seriam duas facetas de uma mesma moeda, ou seja, “uma mesma quantidade de comida poderia ser transformada em quantidades diferentes de trabalho e calor corporal e que essas duas quantidades, quando somadas, permaneciam constantes” (p. 121). Ben-Dov (1996) afirma que essa soma, para Mayer, constituía uma entidade física fundamental, que se manifesta de diferentes formas, sendo o trabalho e o calor duas delas, e que ele chamou de força, em um sentido diferente do newtoniano.

Pádua, Pádua e Silva (2009) atribuem a Mayer a visão de que as energias, de diferentes tipos, são entidades que são conversíveis entre si, mas indestrutíveis, ou seja, que não podem ser aniquiladas, sendo permitido apenas uma conversão.

Outra proposta foi apresentada em um encontro científico, por Ludwig August Colding (1815-1888), um ano depois, porém só publicada efetivamente em 1856. Trabalhando com a fricção de sólidos, usando um trenó, Colding realizou uma série de dez experimentos, variando a composição material dos trilhos (latão, zinco, chumbo, madeira e ferro) e o peso do trenó. Na montagem, um dinamômetro media a força motriz ao puxar o trenó, enquanto que sensores baseado na dilatação dos materiais do trilho podiam medir o calor. A figura 3 apresenta a montagem experimental elaborada por Colding:

Figura 3: Montagem experimental de Colding



Fonte: Melo (2014)

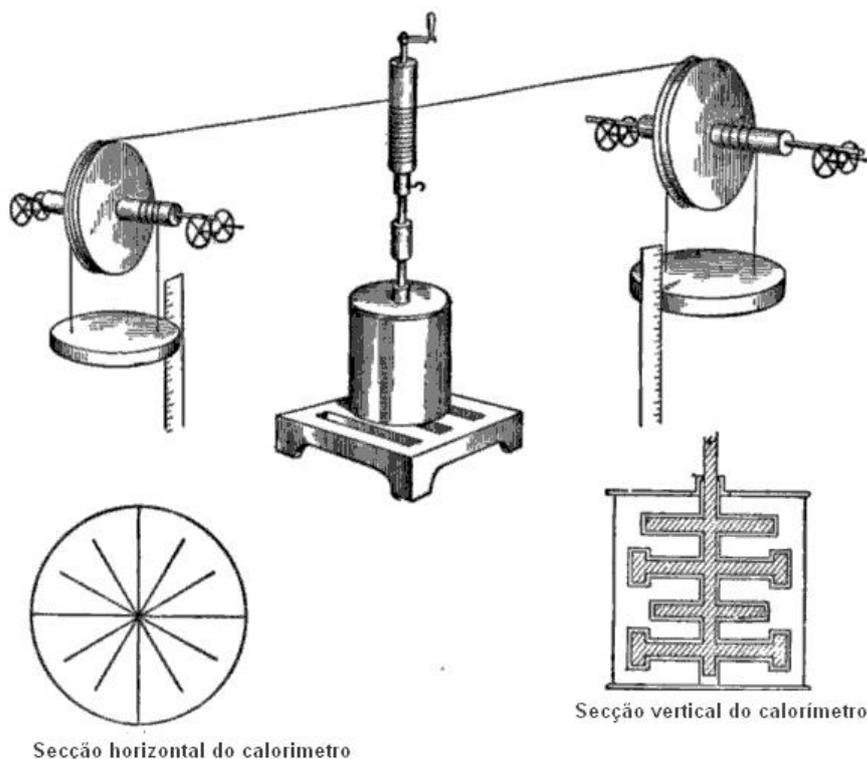
Como explica Melo (2014), a montagem constitui duas barras paralelas, ambas forjadas em latão, de cerca de dois metros de comprimento, nas quais desliza um pequeno trenó, representado no centro do segmento AB da figura. Para garantir a variação de peso, o trenó era preenchido por diferentes quantidades de bolas.

Colding verificou que a quantidade de calor produzida era proporcional à perda de força motriz, tornando possível a conclusão: “as forças da natureza não se perdem, apenas se transformam em outras formas” (MELO, 2014, p. 23).

Apesar do pioneirismo de Mayer nesta questão e da proposta de Colding, a história da ciência coloca o trabalho realizado pelo inglês James Prescott Joule (1818-1889), em 1843, como determinante para o estabelecimento do equivalente mecânico do calor. Segundo Souza, Silva e Araújo (2014), essa preferência se deve à forma mais prática utilizada por Joule.

O sistema montado por Joule era aparentemente simples: um corpo preso a um sistema com corda e polia, interligado a um sistema de paletas livres para girar, que por sua vez estava parcialmente imersa em um recipiente inicialmente com água, mas com variações experimentais realizadas com outros líquidos, com por exemplo óleo de baleia (ROSMORDUC, 1985). A figura 4 mostra a montagem experimental de Joule.

Figura 4: Montagem experimental de Joule



Fonte: Alves, 2008.

Quando o corpo cai, devido ao peso, as paletas do sistema giram e agitam a água. Ao chegar ao chão, o corpo perdeu sua energia potencial, mas a temperatura da água aumentou. (ORNELLAS, 2006; ALVES, 2008; COELHO, 2009; SOUZA, SILVA e ARAÚJO, 2014). Desta forma, o cientista conclui que as pás que se movem atingem as moléculas de água, aumentando a sua velocidade e, por consequência, a temperatura da substância – “o trabalho mecânico, produzido pela massa cadente ao acionar as pás, poderia ser convertido em calor” (SILVER, 2008, p. 318). A intencionalidade do trabalho era essencialmente quantitativa, e o valor obtido por Joule foi de 4,184 J de trabalho, para 1 caloria de calor.

Os resultados de Joule foram apresentados à *British Association*, ainda em 1843, e recebidos com diferentes ânimos pelos cientistas da época. Numa nova tentativa, em 1847, a presença na plateia e o interesse de William Thomson, futuramente o Lorde Kelvin (1824-1907), o que contribuiu fortemente para que suas ideias fossem consideradas pela comunidade científica.

Ainda, é importante dizer que Joule fez diversos experimentos, em campos fenomenológicos diferentes, encontrando sempre as mesmas relações de equivalência entre trabalho mecânico (ou elétrico) e calor.

Neste mesmo ano (1847), o médico e físico alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) submeteu um artigo à mesma revista *Annalen der Physik*, procurada por Mayer cinco anos antes, considerando que calor e trabalho são equivalentes e que a energia é conservada em qualquer processo. Novamente, a revista recusou o trabalho, o que levou Helmholtz a publicá-lo de maneira independente, arcando com os custos de publicação (BASSALO, 1998; ORNELLAS, 2006; SILVER, 2008).

As múltiplas enunciações acerca deste princípio é um dos principais exemplos de descobertas independentes simultâneas, como afirma Kuhn:

Entre 1842 e 1847, a hipótese da conservação de energia foi anunciada ao público por quatro cientistas europeus amplamente dispersos – Mayer, Joule, Colding e Helmholtz. Todos eles, exceto o último, trabalhavam em completa ignorância dos outros. (KUHN, 2011, p. 89)

Na mesma obra, Kuhn (2011) cita algumas razões que levaram a essa simultaneidade, na forma de fatores histórico-culturais, são eles: (i) disponibilidade dos processos de conversão; (ii) a preocupação tecnológica com os motores; e (iii) a filosofia da natureza, em específico a *Naturphilosophie*.

O primeiro desses fatores, está relacionado a uma rede de conexões que caracterizou a Física desde o início do século XIX (MELO, 2014), iniciado com as descobertas da transformação de energia envolvendo reações químicas – pilha e eletrólise (BESSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992). De acordo com essa visão, existia sempre uma conversibilidade entre os fenômenos: corrente elétrica, afinidade química, magnetismo, luz e calor. Bucussi (2007) apresenta algumas dessas conversões, resumidas no quadro 3:

Quadro 3: Processos de conversões conhecidos

Ano	Pesquisador	Conversão	Tecnologia
1768	James Watt (1736 – 1819)	Energia Térmica – Energia Cinética	Máquina Térmica
1800	Alessandro Volta (1785 – 1827)	Energia Química – Energia Elétrica	Pilha

1820	Hans C. Oersted (1777 – 1851)	Energia Elétrica – Energia Magnética	Eletroímã
1821	Johann Seebeck (1770 – 1867)	Energia Térmica – Energia Elétrica	Termopar
1831	Michael Faraday (1791 – 1867)	Energia Magnética – Energia Elétrica	Indução
1840	James P. Joule (1818 – 1889)	Energia Elétrica – Energia Térmica	Efeito Joule

Fonte: BUCUSSI (2007, adaptado)

Atualmente, a eletricidade é bastante significativa em um contexto utilitarista, mas nem sempre ocupou posição de destaque nas inquietações científicas. O fenômeno de atração de corpos leves pelo âmbar (*elektron*, em grego), descoberto na Grécia antiga por Tales, de Mileto (, só chamou atenção dos cientistas efetivamente a partir dos trabalhos de William Gilbert (1544 – 1603), que iniciou os trabalhos do ramo da Física conhecido como eletricidade (CHERMAN, 2004; BUCUSSI, 2007). Influenciado pelo trabalho de Gilbert, o alemão Otto von Guericke (1602 – 1686) criou uma máquina eletrostática, que consistia numa esfera de enxofre que girava em torno de um eixo, enquanto mantinha contato com a mão do operador, em processo de fricção, que fazia a esfera acumular eletricidade estática, descarregada posteriormente em formas de faísca (ROCHA, 2002; GRIBBIN, 2005).

Dois tipos de conversão obtêm destaque nos estudos da eletricidade. Inicialmente, destacamos a criação da pilha, dispositivo criado por Alessandro Volta (1745 – 1827), que transformava a energia química de um sistema de metais de diferentes potenciais em energia elétrica. Outro processo é oriundo dos trabalhos de Hans Christian Ørsted (1777 – 1851), observando a produção de um campo magnético produzido por uma corrente elétrica, e de Michael Faraday (1791 – 1867), que percebeu que ao mover-se um ímã na proximidade de um condutor, uma corrente elétrica é gerada, o que possibilitou o surgimento dos primeiros dínamos, instrumentos capazes de converter energia mecânica em energia elétrica a partir de um conjunto de condutores colocados em torno de um rotor que gira por ação mecânica (ROCHA, 2002; CHERMAN, 2004; ORNELLAS, 2006; BUCUSSI, 2007).

Para Kuhn (2011, p. 112), “a conservação de energia não é nada menos do que a contrapartida teórica dos processos de conversão laboratoriais, descobertos durante

as primeiras quatro décadas do século XIX".

O segundo é percebido no interesse nas máquinas térmicas, como as propostas por Pappin, Newcomen e Watt (PINHO e ANDRADE, 2002; GOMES, 2012).

As principais fontes de energia do homem, desde a pré-história, sempre foram a água, o vento, o trabalho braçal e animal e a queima de biomassa, como por exemplo a madeira. Quando da ocorrência da revolução industrial, surgem as primeiras máquinas térmicas, equipamentos capazes de transformar a energia térmica em energia cinética.

Segundo Pádua, Pádua e Silva (2009), o francês Denis Pappin (1647 – 1714) demonstrou que quando a água é aquecida dentro de um recipiente fechado, uma grande pressão é gerada, a pressão do vapor d'água, capaz de levantar a tampa do recipiente em que foi aquecido. Cerca de cinco anos depois, propõe a fabricação de uma máquina a vapor, utilizando um cilindro e um pistão. Pappin também desenvolveu a ideia da panela de pressão.

Um dos primeiros a propor uma máquina segundo as recomendações de Pappin foi Thomas Newcomen (1664 – 1729). No aparato de Newcomen, o elemento principal era um pistão no interior de um cilindro ligado a uma caldeira com carvão preenchida com água, que era levada até a ebulição. O vapor gerado pelo processo entrava no cilindro e era condensado por uma amostra de água fria colocada na parte externa. A pressão do ar externa se torna maior que a interna e o pistão despenca. O processo se repete, gerando movimento e, conseqüentemente, energia cinética (PINHO e ANDRADE, 2002; PÁDUA, PÁDUA e SILVA, 2009).

Porém, apenas em 1765, mediante trabalho de James Watt (1736 – 1819), que adaptou um condensador externo, que evitava que o cilindro fosse aquecido e resfriado em cada movimento do pistão, melhorando assim o seu rendimento, ou seja, obtendo mais trabalho com menos calor, é que as máquinas térmicas obtiveram destaque e foram bastante difundidas na Europa.

Por fim, o terceiro fator é atribuído a uma visão filosófica relacionada a uma visão holística e orgânica, oposta ao mecanicismo, denominada *Naturphilosophie*, desenvolvida no início do século XIX, na Alemanha e que acreditava que todos os processos da natureza estavam interligados por um princípio unificador (SOLBES e TARÍN, 2008).

Para Gomes (2012), o conceito de energia, após consolidação científica, no final da década de 1840, pôde enfim servir como elemento de união entre a

mecânica e os estudos de calor, dando origem à termodinâmica. De fato, os estudos que relacionam o equivalente mecânico do calor, e estabelecem trabalho e calor como equivalentes e conversíveis entre si, foram chamados inicialmente de princípio da equivalência, que hoje conhecemos como **princípio da conservação da energia**, um dos pilares de sustentação das ciências naturais (COELHO, 2009). Neste sentido, destacamos os trabalhos de Rudolf Clausius (1822-1888), em publicações diversas a partir de 1850 (BRITO, 2008). Atualmente, podemos entender o tal princípio como:

A evidência que se pode alterar o estado termodinâmico do sistema através da troca de calor ou da realização de um trabalho; a grandeza que traduz o estado termodinâmicos é a energia interna (U), função do estado (PINHO e ANDRADE, 2002, p. 151).

2.5 A Conservação da Energia

O estabelecimento do princípio da conservação de energia modificou o princípio central de organização das ciências, principalmente da Física: a preocupação anterior com as forças que atuam sobre o corpo e o movimento perdem uma posição de destaque, e esta é ocupada pelo conceito de energia (BENSAUDE-VINCENT e STENGERS, 1992).

Podemos entender o princípio da conservação da energia ao entender que, em todo e qualquer processo, a energia não pode ser criada ou destruída, mas unicamente transformada (BURATINI, 2008). A primeira lei da termodinâmica pode ser compreendida a partir do enunciado: “existe uma certa quantidade de energia no universo e nunca podemos aumentá-la ou reduzi-la” (SILVER, 2008, p. 322).

Uma boa descrição da conservação de energia pode ser encontrada nas obras de Richard Feynman (1918-1988), que considerava a energia notoriamente matemática e abstrata (VALENTE, 1999). Feynman (2001) aponta que, na ciência, existe um fato ou lei, da qual não se conhece nenhuma exceção, chamado de conservação da energia, ou seja, existe uma certa quantidade de algo, chamado energia, que não se modifica nas múltiplas modificações pelas quais passa em diferentes fenômenos e processos.

Para ilustrar sua colocação, Feynman pede para considerar uma criança, que ele chama de Dênis, o Pimentinha, dono de vinte e oito cubos de brinquedo indestrutíveis, com os quais brinca todos os dias. Ao final da tarde, a mãe de Dênis

recolhe todos os cubos, e sempre são vinte e oito. Até que em um dia, apenas 27 cubos são contados. Porém, ao olhar embaixo do carpete, a mãe de Dênis encontra outro. Outro dia, são encontrados trinta cubos, porém, os dois cubos adicionais não pertenciam a Dênis, mas a Bruce, vizinho que tinha ido brincar e esqueceu os cubos na casa do amigo.

Outros exemplos são mais abstratos e não envolvem quantidades de cubos. Em um deles, apenas vinte e cinco cubos são encontrados pela mãe, mas, existe uma caixa de brinquedos trancada, a qual Dênis não permite a abertura. Mas aí, nas palavras de Feynman (2001), ela inventa um truque brilhante: Ela sabe que cada cubo pesa 84 gramas. Lembra que certa vez pesou a caixa com todos os cubos dentro e o valor encontrado foi de 448 gramas. Daí, tira uma conclusão, expressa na equação 01:

$$\text{Número de Cubos} + \frac{(\text{Peso da Caixa (g)}) - 448 \text{ gramas}}{84 \text{ gramas}} = \text{Constante} \quad \text{Eq. 01}$$

Em tempo, os cubos constituem uma quantidade que pode ser calculada e que sempre permanece idêntica, sob quaisquer condições.

Considerando a analogia proposta, podemos evidenciar que, ao calcular a energia envolvida em um processo ou fenômeno, verificamos que muitas situações podem ser observadas: às vezes, parte da energia deixa o sistema (energia liberada, consumida ou dissipada), outras vezes, energia entra no sistema (energia absorvida ou recebida). Isso pode ser explicado pelas inúmeras formas de energia existentes, tais como: energia cinética, energia potencial, energia térmica, energia luminosa, energia nuclear, entre outras.

Feynman (2001) ainda afirma que, de fato, na ciência atual, ignoramos o que é energia. Porém, existem formas de calcular quantidades de energia, que, quando somadas, fornecem como resultado um total que se conserva, tal como ocorre para os cubos indestrutíveis de Dênis, são vinte e oito. Podemos pensar então que não sabemos ao certo o que é a energia, mas podemos controlar a sua produção e consumo a partir de modelos matemáticos.

Trazemos uma interessante colocação de Valente (1999), que baseada nas ideias de Feynman, associa a conservação de energia também a uma contagem de objetos, retomando os cubos de Dênis, o Pimentinha. No entanto, diferente dos

próprios cubos e de grandezas que se conservam, como a carga, existe uma dificuldade associada a conservação de energia, pois trata-se de uma entidade mais abstrata, o que pode implicar em procedimentos de cálculos mais complicados.

Concordamos com Solbes e Tarín (2008), que apontam quatro fases para a generalização da ideia de energia:

1. **A conservação da energia na mecânica:** a partir do estudo experimental dos choques elásticos, se constrói uma ideia de conservação específico para energia cinética, que desta forma, se apresenta limitado, assumindo um caráter de teorema.
2. **A Conservação da energia na termodinâmica:** a partir dos conceitos de calor, trabalho, temperatura e energia interna, se formula os dois primeiros princípios da termodinâmica, relacionados a conservação e degradação da energia.
3. **A energia no campo eletromagnético:** com o estabelecimento da teoria eletromagnética, passamos a considerar a energia dos campos e a entender um novo processo de transferência de energia, a radiação.
4. **A energia e a Física Moderna:** a relatividade apresenta uma relação entre a massa, a energia e a chamada energia da massa de repouso; os fenômenos nucleares indicam que a energia se conserva em nível microscópico. Nesses aspectos estão relacionados também conceitos que fazem parte da cosmologia atual, como radiação de fundo e energia escura.

Buscamos destacar a íntima relação entre o entendimento do conceito de energia e a compreensão dos dois primeiros princípios da termodinâmica. Em relação ao primeiro princípio, como aponta Bucussi (2007):

"Só depois de Rudolf Clausius (1822 - 1888) ter, em 1865, demonstrado matematicamente esta lei foi que o termo energia recebeu significado preciso e sendo admitido como uma "função do estado", estando em sua gênese um forte vínculo com as relações entre calor e trabalho, dois conceitos que hoje são tidos como processos de transferência/transformação de energia" (p. 13)

De acordo com Amaral (2004), para o segundo princípio, Clausius apontou o seguinte enunciado: o calor nunca pode passar de corpo mais frio para um corpo mais quente sem alguma mudança, conectada com ele, ocorrendo ao mesmo tempo. Ou seja, nas palavras de Martinez (2008), a primeira lei confirma que o calor e o trabalho

eram mutuamente conversíveis, mas a energia era indestrutível. E a segunda lei indica que a energia não pode ser destruída em nenhuma conversão de suas distintas formas, mas se dissipa em outras formas menos capazes de produzir trabalho, o que está relacionado a entropia. Essa grandeza foi apresentada por Clausius em 1808, mediante observação da irreversibilidade do processo de condução de calor, no qual não é possível transferir totalmente uma certa quantidade de calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente.

Por fim, vale a pena situar o desenvolvimento da mecânica estatística, que ocorre efetivamente a partir da segunda metade do século XIX, que busca explicar os resultados fenomenológicos da termodinâmica em corpos macroscópicos a partir do entendimento destes como constituídos por corpos microscópicos, buscando estabelecer métodos para o cálculo de médias ponderadas de estados microscópicos, através de uma função que serve para explicar os resultados da termodinâmica (PINHO e ANDRADE, 2002).

No desenvolvimento da mecânica estatística, destacamos os trabalhos de James Clerk Maxwell (1831 – 1879), Ludwig Boltzmann (1844 – 1906) e Josiah Willard Gibbs (1839 – 1903), que cunhou a expressão mecânica estatística (PÁDUA, PÁDUA e SILVA, 2009).

2.6 Considerações: Possível Trajetória Histórica do Conceito de Energia

Neste capítulo, observamos que o desenvolvimento do conceito científico de energia, e do princípio da sua conservação não ocorreu de forma linear. Em tempos mais remotos, a ideia de energia estava vinculada à metafísica aristotélica, numa sistemática de mudança de potencial para final, a partir de suas virtudes. O desenvolvimento do conceito de energia na ciência direciona a ocorrência de controvérsias de destaque, como os casos da *vis-viva* (ILTIS, 1971; SMITH, 2006;), durante o desenvolvimento do complexo força-energia (que deu origem a mecânica) e a controvérsia fluido versus movimento, acerca da natureza do calor (que deu origem a termodinâmica).

A partir de trabalhos quase simultâneos de quatro cientistas europeus – Mayer, Colding, Joule e Helmholtz – foi evidenciada a relação entre trabalho e calor, a partir do equivalente mecânico do calor, contribuindo para que o conceito de energia, mais precisamente o princípio da conservação da energia, pudesse ocupar lugar de

destaque no entendimento da natureza e de suas leis. Do ponto de vista da ciência moderna, Souza (2007) afirma que a aceitação do primeiro e do segundo princípio da termodinâmica conduziu ao abandono da teoria do calórico.

Atualmente, a energia pode ser considerada um conceito central, presente em estudos de todas as ciências da natureza – Física, Química, Biologia, Geologia e outras – e também, dada a importância dos recursos energéticos para a vida humana e o ambiente, também tem aspectos estudados nas Ciências Sociais e Humanas (ARIAS 2005; BURATINI, 2008).

No percurso de desenvolvimento histórico do conceito científico de energia, podemos perceber algumas concepções estabilizadas pelos contextos socioculturais das épocas e que permanecem até hoje na fala dos estudantes de ciências, como concepções informais: a relação feita entre os conceitos de energia e força (SIMÕES NETO e AMARAL, 2014), concepções substancialista, de transferência e de reservatório, baseadas na teoria do calórico (WATTS, 1983) e energia como movimento ou ação (PACCA e HENRIQUE, 2004).

Diante do exposto, consideramos que uma possível trajetória para a origem e desenvolvimento do conceito de energia na ciência, sintetizada no quadro 4:

Quadro 4: Síntese da trajetória histórica desenvolvida para o conceito de energia na ciência

Momento histórico	Concepção de energia
Metafísica aristotélica	Energia (energeia) como entidade responsável por transformar o ser de uma forma potencial (<i>dinamis</i>) à forma final, ou um estágio intermediário, forma atual, já que não é necessário que o movimento chegue ao final da potência.
Complexo Força-Energia (Controvérsia da vis-viva)	Energia como propriedade que pode estar contida nos corpos e relacionada ao movimento.
Teoria do Calórico	Calor (energia) como uma substância responsável pela dilatação dos corpos mediante aquecimento e que poderia ser transferida de um corpo para outro.
Teoria Dinâmica do Calor	Calor (energia) como resultante do movimento das partículas que compõem o sistema.

Conservação de Energia	A natureza da energia é pouco compreendida, mas as quantidades podem ser calculadas por modelos matemáticos.
------------------------	--

Fonte: Própria

CAPÍTULO 3

Concepções sobre o conceito de energia

Muitos autores (WATTS, 1983; MICHINEL e D'ALESSANDRO, 1994; BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004; BARBOSA e BORGES, 2006; SOLBES e TARÍN, 2008) consideram o conceito de energia como um dos mais importantes da ciência, sendo apontado por Angotti (1993) como um dos conceitos unificadores que podem auxiliar em processos de desfragmentação na abordagem do conhecimento científico em situações de ensino: “é essa grandeza que pode e deve, mais que qualquer outra, balizar as tendências de ensino que priorizam hoje as relações entre ciência, tecnologia e sociedade” (p. 195).

A maior parte dos trabalhos acadêmicos atribui a criação do conceito científico de energia ao físico Thomas Young (1773 – 1829), embora existam informações divergentes encontradas na literatura, por exemplo: Brito e Castro (2010) creditam Rudolf Clausius (1822 – 1888), enquanto que Quadros e Santos (2007) associam a origem do conceito aos trabalhos de Johannes Kepler (1571 – 1630), ainda no século XVII, para distinguir os termos força e trabalho. No entanto, nos livros didáticos e trabalhos científicos não existe uma definição amplamente aceita para o conceito de energia, que pode ser entendido como uma certa quantidade “que não muda nas várias transformações pelas quais passam a matéria” (ASSIS e TEIXEIRA, 2003, p. 4).

O conceito de energia é multidisciplinar, portanto, perpassa diferentes disciplinas das ciências naturais, em diferentes níveis de ensino (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004; WIRZBICKI e ZANON, 2009; SOUZA e JUSTI, 2010), assumindo diferentes significados para pessoas diferentes (BURATTINI, 2008; BRITO e CASTRO, 2010) de acordo com os diferentes contextos de utilização. Arias (2005) destaca as diferenças entre o que se considera energia na linguagem cotidiana e o significado atribuído ao termo nas ciências da natureza.

Se pensarmos sob o viés do ensino e aprendizagem, a energia é um dos conceitos difíceis, pois aparece em várias disciplinas, com uma grande variedade de abordagens (BARBOSA e BORGES, 2006), além de estar relacionado a questões cotidianas, com implicações econômicas (OLIVEIRA, 2013) e de ser, do ponto de vista científico, essencialmente teórico (SOUZA, 2007). Brito e Castro (2010) realizaram

uma pesquisa com estudantes do Ensino Médio de uma instituição pública do estado do Rio de Janeiro e verificaram que 84% dos estudantes alegaram não saber definir energia, enquanto que os outros 16% apresentaram respostas incoerentes. Buscamos entender tais resultados a partir de três possibilidades:

1. A evolução histórica do conceito é longa e complexa (JACQUES e PINHO-ALVES, 2008).
2. O conceito de energia apresenta um caráter abstrato e com pouca informação sobre sua natureza, que são suficientes para causar transtornos para professores e estudantes (BUNGE, 2000; BARBOSA e BORGES, 2006).
3. A popularização do termo energia, que não é de uso exclusivo da comunidade científica, podendo estar atrelado, muitas vezes, a interpretações que causam confusão com outros conceitos (força, potência, movimento), que podem ter origem na história do desenvolvimento do conceito ou por influência da mídia (HENRIQUE, 1996; MICHINEL e D'ALESSANDRO, 1994; ARIAS, 2002; BARBOSA e BORGES, 2006).

Desta forma, durante as aulas das ciências (Física, Química, Biologia), as ideias científicas e não-científicas dos estudantes entram em algum tipo de conflito, o que, em alguns momentos levou a propostas radicais, como a de Warren (1982, apud WATTS, 1983), defendendo que não se deve ensinar o conceito de energia nos níveis elementares. Sabemos que existem diversas concepções alternativas associadas ao conceito de energia, com uma ampla literatura preocupada em reconhecer e classificar tais concepções (WATTS, 1983; TRUMPER, 1998; PACCA e HENRIQUE, 2004).

Neste capítulo, apresentaremos uma discussão sobre o conceito como ele se apresenta em situações de ensino, destacando alguns trabalhos na literatura sobre as concepções alternativas dos estudantes, em geral associadas ao domínio ontogenético, ou seja, aos significados construídos pelo indivíduo sobre determinado conceito, de acordo com a metodologia sugerida pelo programa de pesquisa em perfis conceituais (MORTIMER et al., 2014; AMARAL e MORTIMER, 2006).

3.1 O conceito de energia em situações de ensino

Energia é uma palavra com muitos usos (BURATTINI, 2008), e que assume diferentes significados, para a mesma pessoa ou pessoas diferentes, sendo usada em diferentes contextos, na linguagem científica, mas sobretudo, na linguagem cotidiana (QUADROS e SANTOS, 2007; SOUZA e JUSTI, 2010). Ou seja, podemos assumir o conceito de energia como polissêmico. As características do conceito de energia nos direcionam para uma abordagem que considere suas múltiplas perspectivas, levando em consideração essa pluralidade de significados em contextos diferentes. Watts (1983) aponta que seria difícil encontrar um curso de ciências em que a energia não fosse elemento central.

No contexto popular, a energia é praticamente uma noção intuitiva. Ouvimos dizer que determinada pessoa é “muito energética” ou “tem muita energia” para expressar o quanto é ativa, ou seja, o quanto é capaz de trabalhar continuamente ou realizar um grande número de tarefas em uma jornada, sem que padeça dos efeitos do cansaço (ARIAS, 2005). Já em contextos científicos, a energia assume aspectos de um conceito amplo, de difícil definição, uma vez que se trata de um conceito abstrato e teórico (SOUZA, 2007), relacionado intrinsecamente com outros conceitos também abstratos.

Alomá e Malaver (2007) buscaram definições para os conceitos de calor, trabalho, teorema de Carnot e energia, em nove textos universitários de ampla aceitação na Venezuela. De todas as obras analisadas apenas uma define energia, como: “capacidade de produzir um efeito”. Podemos associar o resultado obtido pelos pesquisadores à clássica definição de energia, relacionada à revolução industrial. Nesse período, as primeiras máquinas térmicas tinham como fonte de energia a queima de combustíveis (óleo, madeira, carvão, entre outros) para a produção de vapor, que as movimentava (MORTIMER e AMARAL, 1998) - desta forma, a energia passou a ser definida como capacidade de realizar trabalho (MICHINEL, D’ALESSANDRO, 1994).

Esta definição de energia, embora deveras restrita ao campo da mecânica (MICHINEL e D’ALESSANDRO, 1994), se tornou usual na maior parte dos livros didáticos em todo o mundo, nos diversos níveis de ensino. Arias (2005) destacam que tal definição de energia é inexata, incompleta, parcial e apresenta contradição interna, insuficiência conceitual e inconsistência física, pois:

1. Se energia é a capacidade de realizar trabalho e o trabalho é definido como a energia em trânsito, seria então o trabalho a capacidade de se transmitir.
2. Corpos ou sistemas sempre tem energia, até quando não existe mais a possibilidade de realizar trabalho. Tal afirmação está relacionada à ideia de degradação de energia, que discutiremos posteriormente neste capítulo.

Segundo Henrique (1996), o conceito de energia aparece na ciência para explicar algo, uma grandeza ou ideia abstrata, que se conserva quando ocorrem transformações, e levou centenas de anos até ser reconhecido pela comunidade científica (WIRZBICKI e ZANON, 2009). Algumas tentativas de definir o conceito de energia são encontradas em diversos trabalhos. Para Auth (2000, p. 69):

Energia é uma grandeza não palpável e nem modelável, e, portanto, não coisificável (...) As diversas manifestações relacionadas com a energia, que ocorrem na natureza indicam que o conceito de energia não está associado somente a “algo coisificável”, mas também a formas, como a eletricidade e o calor, à interação (à distância) e a posição.

Já para Michinel e D’Alessandro (1994, p. 370-371):

Energia é uma grandeza que se apresenta de diversas formas, está envolvida em todos os processos de transformação de estado, se transforma e se transmite, dependendo do sistema de referência, e que se conserva (tradução nossa).

Castro e Mortale (2012) evidenciam o caráter abstrato da energia, conceito criado para auxiliar na investigação dos fenômenos naturais e que, devido a sua natureza, não pode ser materializado. Desta forma, podemos pensar que “a energia está sempre em transformação, e é, em suas diversas formas, invisível, mas os processos de transformação de energia são visíveis e perceptíveis. (BURATINI, 2008).

Duas diferentes posturas na tentativa de definir o conceito de energia são apresentadas por Hierrezuelo e González (1990). Na primeira, a energia é definida como a capacidade de realizar trabalho, enquanto que na segunda é apresentada como uma ideia abstrata, inventada pelos cientistas, para ajudar na investigação quantitativa dos fenômenos. No entanto, as duas posturas parecem inadequadas para

a abordagem do conceito em situações de ensino. Bunge (2000), sugere tratar a energia como algo da mesma classe que conceitos como propriedades, eventos e processos, e que não deve ser abordada de forma direta, mas a partir da possibilidade de transformação dos sistemas.

Arias (2005) afirma que é praticamente impossível encontrar nos livros didáticos uma definição para o conceito de energia que não possa ser questionada por uma razão ou outra. Como uma possibilidade para abordagem, sugere considerar a energia como uma magnitude, com foco na sua observação em diferentes fenômenos, para evitar erros conceituais, ou seja, situações de uso da palavra energia que não tenha valor pragmático em nenhum dos contextos de uso do conceito. No entanto, é importante apontar que a energia não pode ser medida diretamente e nem definida de maneira operacional, mas pode ser calculada a partir de quantidades observáveis, a saber: velocidades, massas, distâncias, alturas, cargas elétricas e outras. Para tornar mais concreto o estudo de uma ideia tão abstrata, tal pesquisador sugere a abordagem a partir da origem e natureza da energia, que discutiremos a seguir.

3.1.1 Classificação da energia quanto à origem e à natureza

Ao introduzir o conceito de energia e suas particularidades no famoso livro *Lectures on Physics*, Feynman (2008) afirma que existe um grande número de formas de energia diferentes, que são reconhecidos por diversos outros pesquisadores (ARIAS, 2005; ORNELLAS, 2006; MARTINEZ, 2008; SILVA JÚNIOR, 2010) e também citados em diversos livros didáticos, sendo reconhecidos alguns tipos específicos, a saber: energia cinética, energia potencial, energia química, energia eletromagnética, energia térmica, entre outras. Essas energias podem ser determinadas a partir de cálculos envolvendo algumas grandezas mensuráveis. O quadro 5 apresenta algumas dessas diferentes formas de energia.

Quadro 5: Algumas formas de energia e suas expressões analíticas

Tipo de Energia	Grandezas mensuráveis	Expressão Analítica
Energia Cinética	Massa (m) Velocidade (v)	$E = \frac{mv^2}{2}$

Energia Potencial Gravitacional	Massa (m) Altura (h)	$E = mgh$
Energia Potencial Elástica	Deformação (x)	$E = \frac{kx^2}{2}$
Energia Eletrostática	Carga elétrica (q) Distância (d)	$E = k \frac{q_1 q_2}{d}$
Energia de Repouso	Massa (m) Velocidade da luz (c)	$E_0 = mc^2$

Fonte: Arias (2005, tradução nossa)

A partir das grandezas mensuráveis, utilizando as expressões analíticas para cada tipo de energia, podemos obter um valor numérico, que vai depender das características do sistema estudado, em determinado instante. Ainda, podemos calcular o valor da energia para diferentes instantes, para verificar particularidades dos sistemas mediante efeito de algum parâmetro externo relacionado a um fenômeno, ou seja, sempre é possível realizar experimentos sobre os diferentes tipos de energia (ARIAS, 2005).

As diferentes formas de energia apresentam particularidades e utilizações em contextos de estudo e, assim, nos parece interessante realizar uma pequena discussão sobre cada uma delas:

A) Energia cinética: Forma de energia associada ao movimento, seja ele rotacional, vibracional ou translacional. Todo corpo (ser humano, animais, átomos, veículos automotores) em movimento, em relação a um referencial, possuem esse tipo de energia (FEYNMAN, 2001; FEYNMAN, 2008; SILVA JÚNIOR, 2010).

B) Energia potencial: O termo energia potencial se relaciona a toda forma de energia que pode ser utilizada para realizar determinadas ações, como o movimento, mas que é apenas uma possibilidade de uso, uma vez que ainda não foi concretizada (SILVA JÚNIOR, 2010). Se a energia potencial estiver relacionada a forças gravitacionais, temos a energia potencial gravitacional. Se estivermos trabalhando com cargas elétricas estáticas ou desenvolvendo movimento retilíneo uniforme, teremos a energia potencial eletrostática.

Pensando em um sistema de massa e mola, na condição esticada da segunda, exista a possibilidade de realizar um trabalho (FEYNMAN, 2008), logo, existe uma energia potencial elástica intrínseca ao sistema.

C) Energia química: O termo energia química é utilizado para referência à energia envolvida em um processo de reação química, proveniente da ligação entre os átomos que formam as substâncias. Feynman (2001, 2008) aponta a energia química como produto de contribuições cinética e elétrica relacionadas aos elétrons e prótons em um sistema atômico. Para Oliveira e Santos (1998) tal energia é resultante da contribuição cinética (rotação, translação e vibração das moléculas) e potencial eletrostática (ligações químicas e interações intermoleculares), propondo a utilização do termo “energia envolvida nos processos químicos” para evitar uma distinção equivocada. Acrescentamos a energia envolvida nas radiações como contribuinte para a energia química.

D) Energia térmica: Forma de energia associada à temperatura, e, em níveis microscópicos, aos movimentos de rotação, vibração e translação das partículas que constituem o material (SILVA JÚNIOR, 2010). É a energia associada ao movimento, mas do ponto de vista microscópico, sem relação com os corpos, que podem estar em repouso em relação a determinado referencial, mas com temperatura elevada – o que indica a presença de energia térmica (FEYNMAN, 2008).

Ainda, existem outras formas de energia, tais como: nuclear – relacionada às reações nucleares e processos de fusão e fissão entre núcleos atômicos e a energia de repouso, a qual, segundo Feynman (2008, p. 4-5), está associada ao fato de que todo “objeto tem energia de sua pura existência, sem depender de sua natureza, em razão de sua massa”. No entanto, Bucussi (2007) defende que a maior parte dessas formas de energia são manifestações de energia cinética ou potencial em diferentes sistemas. Tal afirmação vai ao encontro da perspectiva anunciada por Solbes e Tarín (2008), em que são apresentados quatro tipos básicos de energia, os quais: energia cinética, energia potencial, energia de repouso e energia dos campos – sendo as duas últimas possivelmente associadas às duas primeiras.

Por fim, evidenciamos a ideia apresentada por Arias (2005) acerca da chamada

dupla acepção do termo energia, que se relaciona a dois grupos de classificações distintos, a saber:

- A) Designação de um tipo específico de energia possível de medição, tais como as formas de energia que apresentamos nos parágrafos anteriores (cinética, potencial gravitacional, térmica);
- B) Designação do local de onde provém ou se armazena os diferentes tipos de energia, e então, se fala em energia solar, eólica, hidroelétrica.

Ou seja, existem duas diferentes formas de classificação da energia. A primeira, que chamaremos de classificação pela natureza, relacionada aos sistemas e as grandezas mensuráveis relacionadas com o valor obtido para a energia; A outra, classificação pela origem, está relacionada ao local de produção ou armazenamento da energia em diversas situações cotidianas, científicas e tecnológicas.

Essas diferentes formas de energia são conversíveis entre si, de maneira que um objeto, a certa altura do referencial zero (o solo), possui energia potencial gravitacional, que à medida que o corpo deixa a posição de origem e cai, vai se convertendo em energia cinética, relacionada ao movimento. Esse processo de transformação é essencial para entender o conceito de energia e está relacionado a uma das suas propriedades mais significativas: o princípio da conservação da energia.

3.1.2 O princípio da conservação da energia e a primeira lei da termodinâmica

Sobre os processos de transformação de energia podemos observar que sempre que desaparece um tipo de energia no sistema, outros aparecem em igual quantidade. De forma ilustrada, a energia associada a um corpo, elevado alguns metros do referencial, que realiza um movimento em uma pista, tal qual um carrinho em uma montanha russa, é a mesma em qualquer ponto da trajetória descrita, considerando as perdas por dissipação. Ao final do processo de descida, toda a energia potencial gravitacional que existia no início do processo foi transformada em outros tipos de energia (cinética, térmica, sonora), mas nenhuma quantidade de energia foi destruída ou produzida no processo. Ou seja, em meio a mudança, existe algo que se conserva. Nas palavras de Feynman (2008, p. 4-1):

Não é a descrição de um mecanismo de algo concreto, é apenas o 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. Algo como o bispo na casa branca que, após um número de lances – cujos detalhes ignoramos – continua na casa branca. É uma lei da natureza.

A ideia de que algo se conserva dentre as mudanças observadas na natureza é algo bem evidenciado na discussão histórica do conceito de energia. De fato, o conceito de energia só adquiriu significado quando passou a apresentar, em seu âmago, a ideia da conservação. Para Martinez (2008), a evidência dada a esta característica essencial foi fundamental para a compreensão das transformações que ocorrem nos sistemas e consolidar a ideia de energia como um dos principais conceitos científicos.

A termodinâmica, área da ciência que perpassa as ciências mais tradicionais como a Química e principalmente a Física, e que é essencial para essas ciências, visto que determina, de certa forma, as regras que devem ser seguidas para que os processos sejam possíveis (CHAUI-BERLINCK e MARTINS, 2013) é fundamentada em quatro leis (ou princípios), e uma delas é a expressão do princípio da conservação da energia. Sabemos, pois, que em qualquer processo natural a quantidade total de energia é a mesma antes e depois de qualquer transformação e mesmo que a energia tenha se transformado de uma forma para outra de maneira completa (SILVA JÚNIOR, 2010). Essa é a base do princípio da conservação da energia ou primeira lei da termodinâmica. Para Silver (2008, p. 322) “existe uma certa quantidade de energia no universo e nunca podemos aumentá-la ou reduzi-la, podemos transformá-la de uma forma para outra. ”

A primeira lei da termodinâmica, que diz respeito à conservação de energia e confirma que o calor e o trabalho são mutuamente conversíveis, enquanto que a energia é indestrutível (MARTINEZ, 2008) pode ser expressa matematicamente pela equação 02, sendo U a energia interna do sistema, q o calor e W o trabalho:

$$dU = \delta q + \delta W \quad \text{Eq. 02}$$

Embora importante para a pesquisa e desenvolvimento em ciência e tecnologia, o princípio da conservação da energia é abordado de forma insipiente e pouco efetiva

nos livros didáticos, principalmente no Ensino Fundamental e Médio. Para Solbes e Tarín (1998), tal princípio é introduzido ao ensino de forma pouco clara, sem considerar as dificuldades dos alunos e sem mostrar o conceito de forma mais ampla. A literatura relaciona alguns problemas na abordagem do princípio da conservação da energia, entre os quais destacamos:

1. O princípio da conservação da energia é apresentado apenas nas aulas de Física, de modo vago e restrito a situações de conservação de energia mecânica (SOLBES e TARÍN, 1998; ASSIS e TEIXEIRA, 2003; SOLBES e TARÍN, 2008).
2. Na maioria dos livros didáticos aparece como um teorema, formulado da relação entre a energia total do sistema e as energias potencial gravitacional e cinética, em situação de aplicação da segunda lei de Newton (SOLBES e TARÍN, 1998).
3. Na maioria dos livros didáticos de Biologia e principalmente de Química, o princípio da conservação da energia é apresentado a partir do chamado mantra da conservação de energia: “a energia não se cria, nem se destrói, apenas se transforma” (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004; ORNELLAS, 2006).

Na Física Escolar, a primeira lei é apresentada no início da abordagem do conteúdo relativo à termodinâmica e, então, associada ao princípio da conservação da energia. No entanto, da mesma forma fragmentada que é apresentado na discussão sobre a mecânica, as aplicações neste momento se restringem a sistemas termodinâmicos, usualmente gases (SOLBES e TARÍN, 1998). Na Química e na Biologia, a primeira lei é entendida como algo que o estudante já conhece, embora seja, em alguns casos, apresentada quando se introduz aspectos energéticos das reações químicas (termodinâmica química).

Em consequência, os estudantes continuam utilizando suas concepções informais e não compreendem a natureza da conservação da energia. Continuam a falar que energia se gasta, energia se acaba... relacionam atividades como correr e estudar com perdas de energia, enquanto comer e dormir seriam atividade para

ganhar energia (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004; SIMÕES NETO e AMARAL, 2014). Goldring e Ogborn (1994) investigaram a concepção de estudantes ingleses e perceberam que 16% dos entrevistados acreditam que a energia se conserva apenas em experimentos científicos, realizados em laboratórios de pesquisa.

Alguns resultados de pesquisa destacam problemas na compreensão dos estudantes sobre o princípio da conservação da energia, os quais elencamos:

1. Os alunos observam a conservação da energia como acumulação de energia em algum dispositivo (GOLDRING e OGBORN, 1994).
2. Os estudantes acreditam que, ao final de um processo (queima de um combustível, por exemplo) a energia desaparece (FORDE, 2003).
3. Os estudantes não consideram o princípio da conservação da energia necessário para a compreensão dos fenômenos naturais – Em situações em que a conservação não é central, eles desconsideram totalmente o princípio (BARBOSA e BORGES, 2006).

Em síntese, mesmo após conhecer o princípio da conservação da energia, muitos estudantes pensam que a energia envolvida numa transformação também é consumida e/ou pode desaparecer. Outra visão sobre conservação é a associação com guardar, cuidar e utilizar de forma racional e com parcimônia, para evitar que se esgote, o que dirige para questões levantadas pela mídia, como possível crise energética ou necessidade de repor as energias, que reverberam na fala das pessoas em contextos cotidianos, contribuem para reforçar essa concepção. E ainda faz emergir uma pergunta bastante importante, a qual discutiremos com atenção na próxima seção: se a energia se conserva, como podem existir crises energéticas? (SEVILLA SEGURA, 1986). É necessário discutir outra propriedade fundamental para o entendimento do conceito de energia, a degradação ou dissipação.

3.1.3 Distribuição e Degradação de Energia e a Segunda Lei da Termodinâmica

Podemos iniciar a discussão da degradação da energia a partir de uma pergunta, apresentada por Silver (2008, p. 322): “Se a primeira lei diz que a quantidade de energia do universo é constante, então, por que deveríamos preocupar-nos com

quanta energia usamos? ". Atribuímos a repetição do mantra da conservação da energia (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004) – em uma das suas formulações: “a energia não se cria, nem se destrói, só se transforma” – sem valorização dos contextos e sem reflexão sobre o fenômeno descrito. Essa assepsia direciona uma forma de pensar a primeira lei que ignora os aspectos relacionados a degradação da energia.

Retomamos a discussão sobre a degradação da energia. Corpos e sistemas físicos sempre possuem energia, até mesmo quando não mais existe a possibilidade de realizar trabalho. Arias (2002, p. 2) apresenta um interessante e didático exemplo para auxiliar na compreensão da degradação de energia:

A energia “contida” em um grama de combustível pode mover um veículo vários metros, ao queimar, o que equivale a transmitir-se em forma de trabalho útil. Durante a combustão, também se produz certa transferência de energia em forma de calor, que eleva a temperatura das peças internas do veículo (incremento de energia térmica). A soma das energias que aparecem em forma de movimento, energia térmica e energia dos resíduos da combustão é exatamente a mesma que estava “contida” no combustível (princípio da conservação da energia). Eventualmente, a energia que o veículo adquiriu no movimento também se transformará em energia térmica, por causa da fricção das partes móveis do motor, da carroceria com o ar, das rodas com o pavimento e os freios. A energia armazenada inicialmente no combustível não se perde, mas a energia térmica resultante no processo já não pode ser aproveitada para mover o veículo. Portanto, durante o processo, a energia perdeu sua capacidade de transmitir-se em forma de trabalho. (Tradução nossa)

Ou seja, existe uma energia útil, que pode ser transformada em trabalho, e, ao contrário, existe a energia que é degradada, que não pode mais ser utilizada para realizar trabalho. (ARIAS, 2005; BUCUSSI, 2007). Embora saibamos que a energia é conservada, de acordo com a primeira lei da termodinâmica, a energia de fato disponível para utilização humana não é tão facilmente conservada (FEYNMAN, 2001; FEYNMAN, 2008) – existe uma energia inútil, que se relaciona com o conceito de entropia, proposto em 1865 por Clausius (CANDEL ROSELL, SATOCA VALERO e SOLER LLOPIS, 1984; MARTINEZ, 2008).

Podemos entender de maneira grosseira a entropia como uma grandeza relacionada às formas em que a energia de um sistema se distribui entre os níveis microscópicos de energia disponíveis, e que não é conservada (SILVA JÚNIOR, 2010; CHAUI-BERLINCK e MARTINS, 2013). É a partir da entropia que a segunda lei da

termodinâmica é desenvolvida. Apresentamos o enunciado proposto por Clausius em 1865, citadas por Colovan e Silva (2005, p. 100)

O calor não pode nunca passar de um corpo mais frio para um corpo mais quente sem que ocorram ao mesmo tempo mudanças associadas. Tudo que sabemos em relação à troca de calor entre dois corpos de temperaturas diferentes confirma isso, pois o calor em toda parte manifesta uma tendência em igualar diferenças de temperatura, e conseqüentemente em passar numa direção contrária, isto é, do corpo mais quente para o mais frio.

Chauí-Berlinck e Martins (2013) destacam que tal lei é escrita na forma de uma desigualdade limitada, e apenas nesses casos, existe uma imposição de sentido (espontaneidade) ao processo descrito, ou seja, a segunda lei da termodinâmica refere-se à direção natural das mudanças na distribuição da energia (AMARAL, 2004).

A interpretação da segunda lei a qual estamos interessados é termodinâmica, e nesta a entropia é definida como uma medida da irreversibilidade dos processos físicos (BORGES, 1999). Desta forma, parece-nos interessante expor que o aumento da entropia de um sistema isolado é relacionado ao aumento de energia inútil. Em outras palavras, a medida da degradação da energia é dada pelo aumento da entropia (CANDEL ROSELL, SATOCA VALERO e SOLER LLOPIS, 1984; ARIAS, 2002) e a segunda lei da termodinâmica indica que a energia não pode ser destruída em nenhuma conversão de suas distintas formas, mas se dissipar (ou degradar) em outras formas menos capazes de produzir trabalho (MARTINEZ, 2008).

Por fim, em relação ao ensino e aprendizagem, a degradação de energia não é reconhecida pelos estudantes. Buscamos elencar algumas possíveis explicações:

1. Os livros didáticos e os professores utilizam uma abordagem otimizada, na qual a energia simplesmente desaparece dos sistemas, após a ocorrência dos fenômenos (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004).
2. Os livros didáticos definem entropia como a medida do grau de desordem do sistema, sem relacionar com aspectos relativos a degradação da energia.
3. Os estudantes não reconhecem exemplos de degradação de energia, ou seja, não conseguem apontar processos nos quais a energia disponível se transforma em energia inútil ou degradada (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004).

4. A abordagem das diferentes fontes de energia, classificadas como renováveis ou não renováveis, é feita sem considerações acerca da degradação da energia (GOLDRING e OGBORN, 1994).
5. Dificilmente se aborda o conceito de entropia na educação básica, e quando se aborda, é restrita à aplicação de fórmulas e convenções.

Após a discussão apresentada sobre a conservação e degradação da energia, vamos discutir aspectos do ensino do conceito de energia em três disciplinas de ciências naturais, em particular, a Física e a Química.

3.1.4 O conceito de energia no ensino da Física e da Química

O conceito de energia perpassa as diversas disciplinas associadas às ciências naturais, como a Física, a Química, a biologia e a geologia, tanto na esfera científica, em atividades relacionadas à pesquisa e desenvolvimento, e nas esferas de aprendizagem, nos diversos níveis de ensino (Superior, Técnico, Médio e Fundamental). Em cada domínio disciplinar a energia assume significados distintos, associados a própria natureza do conhecimento em tela.

Tanto na educação básica quanto no Ensino Superior, apenas na Física o conceito de energia aparece como um conteúdo programático a ser cumprido. Na abordagem da mecânica, a partir da apresentação da energia cinética, da energia potencial gravitacional e, posteriormente, da energia potencial elástica. A primeira formulação do princípio da conservação da energia é apresentada a partir do teorema da energia mecânica (SOLBES e TARÍN, 1998). Neste contexto a energia é definida como a capacidade de realizar trabalho, e desta forma ela é entendida durante todo o estudo da Física.

Logo após a abordagem mecânica, a energia volta a ser tratada na apresentação das leis da termodinâmica e na definição das energias eletrostática e magnética, porém, para o Ensino Médio, sem preocupação com a definição – apenas fórmulas para o cálculo da energia são apresentadas. Ainda, destacamos a abordagem da Física Moderna, tanto em relação a energia da massa de repouso na relatividade quanto nas questões da quantização de energia, já a bastante tempo em discussão no Ensino Superior, mas a pouco tempo aparecendo nos livros direcionados a formação técnica e Ensino Médio.

Podemos observar que a abordagem do conceito de energia na Física segue a tendência já apresentada de considerar a energia como capacidade de realizar trabalho, e é essencialmente centrada na apresentação de fórmulas e para o cálculo da energia a partir de grandezas mensuráveis. Vários trabalhos na literatura (SEVILLA SEGURA, 1986; MICHINEL e D'ALESSANDRO, 1994; FORDE, 2003; BARBOSA e BORGES, 2006; ALOMÁ e MALAVER, 2007; SOLBES e TARÍN, 2008) apontam problemas nesta abordagem. Para Pacca e Henrique (2004), o bom ensino deve procurar fazer com que os estudantes possam entender os fenômenos naturais a partir da transformação e conservação de energia.

Sevilla Segura (1986) apresenta uma proposta de abordagem do conceito de energia para o Ensino de Física baseado na ideia de educação energética, apresentada no mesmo artigo. A sequência de abordagem defendida pela autora é baseada em diferentes perspectivas e inicia com a definição do conceito de energia, dando ênfase a questões relativas a concentração e degradação da energia, buscando estabelecer relação com outras áreas associadas, como por exemplo, problemas energéticos de natureza ambiental.

Propostas semelhantes são apresentadas por Solbes e Tarín (2004) e também por Hierrezuelo e González (1990), que apontam o que parece uma questão essencial: o ensino do conceito de energia deve buscar a compreensão que os fenômenos naturais acontecem a partir da transformação da energia, respeitando o princípio da conservação da energia e a degradação, não uma relação de consumo e produção de energia.

Na Química e na Bioquímica, o conceito de energia é pouco considerado, e mesmo quando presente, é restrito a uma visão utilitarista, sempre para explicar algum fenômeno, mas com pouca preocupação acerca da sua própria definição (MOREIRA, PEREIRA e VASCONCELLOS, 2015). No entanto, Silva Júnior, Silva e Hussein (2012) reconhecem o conceito de energia como fundamental para o entendimento das transformações químicas.

A maior parte dos livros de Química do Ensino Superior e alguns poucos livros didáticos do Ensino Médio apresentam o conceito de energia e as leis da termodinâmica durante a abordagem do conteúdo termoquímica (SILVA, SILVA e SIMÕES NETO, 2014). A discussão maior em relação ao conceito de energia na Química está relacionada ao que muitos autores chamam de energia química (OLIVEIRA e SANTOS, 1998; FEYNMAN, 2001; BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004;

BRITO e CASTRO, 2010)

Brito e Castro (2010) associam o termo **energia química** a alguns fenômenos macroscópicos, levantando as definições de um livro usado no Ensino Médio² (“energia potencial das ligações químicas entre os átomos, que quase sempre são acompanhadas de liberação ou absorção de calor”) e outro do Ensino Superior³, usado em disciplinas de Química Geral (“energia potencial que as substâncias possuem devido às atrações e repulsões entre suas partículas subatômicas”). Aparentemente, a energia química é uma manifestação da energia relacionada a processos químicos, ou seja, é a energia relacionada com as reações químicas, entendidas como fenômeno no qual ligações químicas são quebradas e formadas. Algumas concepções sobre a energia química são encontradas na literatura, entre as quais apontamos como importantes:

1. Todas as transformações químicas são mais favoráveis de ocorrer em altas temperaturas, ou seja, a grande disponibilidade de energia no sistema favorece os processos químicos. (SOUZA e JUSTI, 2010)
2. Todo processo exotérmico é espontâneo, ou seja, a liberação de energia pelos processos químicos influencia na sua ocorrência. (BOO, 1998; SOUZA e JUSTI, 2010)
3. A energia é estocada nas ligações químicas e liberada quando estas se rompem. (FERNANDEZ e MARCONDES, 2007).

Devido à grande associação entre a quebra de ligações químicas e o fornecimento de energia a sistemas químicos e biológicos, destacaremos essa terceira concepção, associada a ideia de ligação química. A quebra das ligações químicas, bem como a formação de novas ligações, está associada ao termo energia química. Segundo Fernandez e Marcondes (2007), as quebras de ligações químicas poderiam ser entendidas a partir da analogia com determinado brinquedo, no qual um palhaço, recluso em uma caixa fechada e que não permite visualização do seu interior,

² FELTRE, R. Química: Físico-Química. Vol 2. 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

³ KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M. Química Geral. Vol 1. 1 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

salta de forma a assustar o observador. Outra metáfora é apresentada por Souza e Justi (2010): uma ligação química pode ser entendida como uma mola estendida, que libera energia quando for rompida, ou seja, um pequeno aro que, ao se quebrar, libera a energia (como um conteúdo físico) presente em seu interior.

Parece-nos que essa visão de estocagem da energia nas ligações químicas, bem como a liberação da energia quando da quebra destas ligações se constitui como uma dificuldade à compreensão científica da energia. Alguns trabalhos, como Denial e colaboradores (1985, apud OLIVEIRA e SANTOS, 1998) ao discutirem o conteúdo energia nas substâncias químicas tratam o verbo armazenar ou estocar (em inglês *to contain*) utilizando aspas, demonstrando um cuidado em evitar obstáculos advindos da linguagem.

Uma proposta interessante para a abordagem da energia na Química é a partir do nível atômico/molecular, trabalhando com a energia potencial eletrostática (das ligações químicas) e a energia cinética das partículas envolvidas nas reações: rotacional, vibracional e translacional. Concordamos com Oliveira e Santos (1998) quando sugerem a utilização da expressão “energias envolvidas nos processos químicos”, o que evitaria uma distinção em relação a formas de energia já conhecidas.

Em todas as disciplinas de ciências, o ensino de energia é feito com um conceito muito generalizado, principalmente nos níveis Fundamental e Médio. Feynman (1969) aponta um exemplo interessante. Em um livro didático do Ensino Médio se pergunta: “o que faz um brinquedo à corda se mover?”. A resposta procurada é energia, mas essa é, na opinião do autor, meramente verbalista, ou seja, apenas uma palavra falada e associada a uma ação, mas que não consegue ser explicada pelo estudante (SOLBES e TARÍN, 2008). De fato, essa simplicidade que acompanha o conceito no Ensino Fundamental e no Ensino Médio é prejudicial ao ensino (OLIVEIRA e SANTOS, 1998).

3.2 Concepções informais sobre o conceito de Energia

As concepções informais são modos de pensar determinado conceito que não são associadas a contextos científicos. Algumas características dessas concepções informais surgem com o desenvolvimento de pesquisas associadas ao reconhecimento e entendimento dessas concepções, dentre as quais destacamos:

1. São ideias que apresentam alto grau de coerência.
2. São resistentes e poderosas quando confrontadas com ideias científicas comprovadas.
3. São importantes nos processos de ensino e aprendizagem, pois são fundamentais na construção de novos conhecimentos.
4. São generalizáveis, ou seja, pesquisas realizadas em locais diferentes, em todo o mundo, resultam em padrões de resultados semelhantes.

Na abordagem do conceito de energia em sala de aula diversas concepções informais são identificadas. Henrique (1996) identifica uma relação forte entre tais concepções e a origem e desenvolvimento do conceito na história, observada a partir da semelhança entre as concepções de senso comum e concepções historicamente estabilizadas, em diferentes períodos da história e da busca na história da ciência por entidades que se conservam, ou seja, que são indestrutíveis.

McClelland (1989) defende que existem dois domínios distintos nos quais o conceito de energia encontra significado. No pensamento típico do mundo, da vida cotidiana, é comumente utilizado, mas vagamente definido. Em contexto científico é um termo definido de forma rígida e restrita. O autor ainda aponta que esses dois domínios são deveras separados e não necessariamente precisam convergir.

De fato, em contextos não científicos (sociais, culturais, tecnológicos e outros), o termo energia é utilizado de forma pragmática e indiscriminada, o que contribui fortemente para que os estudantes reforcem suas concepções informais sobre energia (SOUZA e JUSTI, 2010; CASTRO e MORTALE, 2012) e sejam mais resistentes às concepções científicas do conceito.

Solbes e Tarín (1998, 2008), Assis e Teixeira (2003), Forde (2003), Bañas, Mellado e Ruiz (2004), Barbosa e Borges (2006) e Oliveira (2013), entre diversos outros trabalhos, apontam concepções comumente encontrada no discurso de estudantes, em diferentes níveis de ensino. Apresentamos algumas delas:

1. Energia como entidade relacionada ao movimento, que emerge em palavras como vento, velocidade, exercícios e esforço físico (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004), numa visão claramente associada ao mecanicismo (MICHINEL e D'ALESSANDRO, 1994), ou seja, diretamente ligada ao movimento dos objetos

- (ASSIS E TEIXEIRA, 2003). Bañas, Mellado e Ruiz (2004) associam esta concepção a ideia de que só existe energia nos seres vivos ou animados.
2. Associam energia a questões utilitaristas, como por exemplo, eletricidade, eletrodomésticos, corrente elétrica e combustíveis (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004), pensando algumas vezes equipamentos como fontes, armazenadores de energia.
 3. Energia é considerada como algo que existe de fato, embora não seja visível, que pode ser transferida entre os sistemas e armazenada em alguns objetos, que podem liberá-la sob certas condições (BARBOSA e BORGES, 2006), numa visão substancialista e intimamente associada ao calor. Na pesquisa realizada por Oliveira (2003), 40% dos estudantes entrevistados entendem a energia como um fluído, associado diretamente ao conceito de calor: “energia é calor, uma energia é um calor que pode ser transferido de um corpo para outro” (p. 97) e evidenciando um caráter materialista do conceito.
 4. Energia é algo que se manifesta de diferentes formas – gravitacional, elétrica, eólica, química, cinética (ASSIS e TEIXEIRA, 2003), porém, não conseguem distinguir entre as formas e fontes de energia (SOLBIS e TARÍN, 1998), ou em outras palavras, confundem a classificação quanto a natureza e quanto a origem da energia (ARIAS, 2005). Oliveira (2013) destaca que 53,4% dos entrevistados consideram que existem diversos tipos de energia e que cada uma delas explica uma coisa distinta, sem relação uma com as outras.
 5. Os estudantes tendem a confundir os conceitos de força e energia (HIERREZUELO e GONZÁLEZ, 1990; ORNELLAS, 2006; SOLBIS e TARÍN, 2008), uma concepção que tem origem histórica (HENRIQUE, 1996).
 6. O princípio da conservação da energia e a degradação da energia não são considerados pelos estudantes, que associam diversos processos à produção e consumo da energia, e não a transformação e degradação de uma quantidade que se conserva (HIERREZUELO e GONZÁLEZ, 1990; SOLBIS e TARÍN, 1998; SOLBIS e TARÍN, 2008). Os estudantes acreditam que processos como caminhar, correr e estudar consomem energia, enquanto que comer, dormir e descansar faz com que essa energia seja produzida e volte a seu nível normal (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004).

Os alunos do ensino médio acreditam que a energia está presente nos fenômenos que ocorrem com a natureza e com o homem (ASSIS e TEIXEIRA, 2003), associando o conceito a outros, tais como: força, movimento, algo material que flui (substância), objetos animados, fontes de atividade, esforço físico e combustível (BANÃS, MELLADO e RUIZ, 2004). Hierrezuelo e González (1990) destacam quatro afirmações sobre as concepções informais dos estudantes sobre o conceito de energia:

1. Existe uma confusão conceitual em diferenciar os conceitos de força e energia (muitos se referem a energia cinética como a “força que faz os objetos se moverem”).
2. O princípio da conservação da energia e a ideia de degradação da energia não são bem aceitos, por não serem bem entendidos pelos estudantes.
3. Os estudantes preferem utilizar o conceito newtoniano de força em detrimento ao conceito de energia para a resolução de exercícios e problemas – problema associado pelos autores ao currículo, pois a abordagem da energia ocorre inicialmente em contexto da mecânica newtoniana, que é privilegiada pelos currículos escolares.
4. Os conceitos não são bem delimitados nas atividades de ensino, existindo uma confusão entre força, energia, calor, trabalho e outros.

Algumas vezes os estudantes sequer reconhecem a energia envolvida nos processos. Por exemplo, não conseguem associar a energia potencial gravitacional a uma caixa elevada a determinada altura do referencial (HIERREZUELO e GONZÁLEZ, 1990) e em situações tais quais a que ilustra o título do artigo de Forde (2003, p. 71, tradução nossa): “quando eu assisto televisão eu não estou usando qualquer energia”.

Algumas pesquisas disponíveis na literatura apontam as concepções informais apresentadas em livros e presentes nos discursos dos professores, em diferentes níveis de ensino. Michinel e D’Alessandro (1994) apontam que tais concepções são deveras semelhantes às concepções apresentadas pelos estudantes, ou seja, os livros didáticos e os professores também associam energia ao calor (substância), energia elétrica ou combustíveis e movimento. Para Michinel e D’Alessandro (1994)

os autores de livros didáticos apresentam grupos de concepções, que terminam influenciando os professores e, desta forma, reforçam as concepções informais em situações de ensino. Com base no trabalho de outros autores, buscamos apresentar algumas dessas concepções:

1. Deficiência dos autores em relação ao conhecimento das teorias físicas vigentes, existindo uma confusão conceitual com teorias que buscaram explicar a energia em outros momentos históricos (HENRIQUE, 1996), tais como: teoria do calórico e mecanicismo.
2. Concepções informais bem fundamentais e resistentes, tal como a associação ao movimento, a existência de vida, ao armazenamento e a ideia utilitarista, na qual as diversas formas de energia são essenciais para o bem-estar do homem na sociedade (MICHINEL e D'ALESSANDRO, 1994; BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004).
3. Excesso de simplificações, muitas vezes evitando definir a energia de maneira explícita MICHINEL e D'ALESSANDRO, 1994; BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004).

Para alunos e professores, bem como autores dos livros didáticos, um dos fatores mais significativos nas formas alternativas de pensar e falar o conceito de energia está na noção de armazenamento, já discutida anteriormente, e que retomaremos a partir de um exemplo interessante apresentado por McClelland (1989). Num sentido literal, para algo ser armazenado deve ser, obrigatoriamente, material. Por isso faz sentido falar em armazenar livros, em estantes, como faz sentido falar em armazenar combustíveis, em depósitos, postos de gasolina ou algo semelhante. Mas, ao estabelecer um sentido metafórico na forma de falar, podemos pensar em armazenamento de algo que não seja material, mas associado a algo material. Assim, podemos dizer que armazenamos informação nos livros e energia nos combustíveis. Desta forma, a ideia de que a energia é algo material e que pode ser armazenado parece bem representada na linguagem cotidiana, associada a termos como pilhas, explosivos e combustíveis para veículos automotores e se constituindo como uma concepção alternativa fundamental e resistente.

Diante do exposto até o momento, vamos considerar alguns importantes trabalhos disponíveis na literatura, que procuram apresentar categorias de

concepções informais dos alunos para o conceito de energia (BARBOSA e BORGES, 2006). Destacaremos os trabalhos de Watts (1983), talvez o mais referenciado nos trabalhos de ensino de ciências, de Driver e Colaboradores (1994), Trumper (1994, 1998) e Pacca e Henrique (2004), que apresentam estruturas de classificação das concepções mais amplas e bem definidas.

Watts (1983) investigou concepções sobre energia no contexto da educação científica escolar, com estudantes entre 14 e 18 anos, em uma escola na região metropolitana de Londres, Inglaterra. Tais estudantes foram entrevistados, a partir da apresentação de uma série de desenhos que retratavam situações nas quais o conceito de energia poderia ser relacionado. Os resultados foram organizados a partir das ideias centrais e/ou modelos apresentados, possibilitando a proposta de sete esquemas conceituais, a saber:

A) Energia centrada no homem: Tal esquema se manifesta de duas formas distintas: antropocêntrica, na qual a energia é associada aos seres humanos, e antropomórfica, na qual objetos inanimados são vistos como vivos e querendo fazer algo. O quadro 6 apresenta exemplos de cada uma dessas formas:

Quadro 6: Esquema 1 – energia centrada no homem (WATTS, 1983)

Antropocêntrica	Considerar o exemplo: uma pessoa empurrando uma caixa de uma colina. Susie: “A pessoa tem uma grande quantidade de energia, ela pode empurrar a caixa totalmente até o topo da colina, mas quando a caixa está lá, não pode fazer nada, porque não tem energia, quando a pessoa vai embora qualquer energia volta para baixo” (tradução nossa).
Antropomórfica	Jane: “Eles (em referência a duas substâncias que reagem) têm energia... quero dizer que eles não saem por aí falando coisas, mas quero dizer que existe energia neles... em sua própria espécie, de maneira que eles estão vivendo” (tradução nossa).

Fonte: Watts (1983, tradução nossa)

Aparentemente os estudantes têm dificuldades em imaginar qualquer objeto inanimado (não dotado de vida) como possuindo certa quantidade de energia, com exceção de objetos de armazenamento (pilhas, baterias, dínamos, carvão, petróleo).

B) Modelo depositário de energia: Existem alguns objetos que podem armazenar energia e outros que podem receber energia e posteriormente gastar a energia que recebem. Nesta visão, a energia é um agente causal, uma fonte de atividade que pode ser estocada em certos objetos. O quadro 7 apresenta exemplos deste modelo:

Quadro 7: Esquema 2 – modelo repositório de energia (WATTS, 1983)

Colin: “...Água... se nós não tínhamos a água... a água é uma fonte de energia que precisamos para sobreviver... água tem algo a ver com isso (uma estação de energia) ... Eu acho que ela está alimentando os geradores” (tradução nossa).

Margaret: “Bem, a bateria está com a energia que a lâmpada precisa... e os fios... bem, eles apenas são fios comuns” (tradução nossa).

Fonte: Watts (1983, tradução nossa)

C) Energia como ingrediente: Neste quadro a energia não é necessariamente um agente causal, e sim algo que é ativado durante um evento. É um ingrediente dormente dentro de objetos e que precisa de um gatilho para ser ativado. Barbosa e Borges (2006) e Oliveira (2013) apontam a relação desse esquema com uma visão substancialista da energia. No quadro 8 podemos encontrar exemplos desta visão de energia:

Quadro 8: Esquema 3 – energia como ingrediente (WATTS, 1983)

Jane: “Bem... há energia em coisas, ela está lá, mas precisa de outra energia para fazê-la sair... é como uma semente, ela tem energia dentro dela para crescer, mas ela precisa do sol, como um produto químico precisa de outro para reagir” (tradução nossa).

Fonte: Watts (1983, tradução nossa)

Outra visão interessante é compartilhada por vários estudantes na pesquisa de Watts (1983): a energia não está armazenada no carvão ou petróleo, como seria vista no esquema 2, mas é desencadeada, ou ativada, quando são queimados. Essa visão

também emerge no seguinte exemplo: um livro sob uma mesa não tem energia, mas, ao ser deslocado e iniciar o movimento de queda até o solo, passa a ter energia, que antes estava adormecida no seu interior.

D) Energia como atividade óbvia: A energia é vista como movimento. Para muitos estudantes, a atividade é o único meio para identificar energia, ou seja, a razão da energia estar envolvida em um processo é a existência de qualquer tipo de movimento. Apresentamos um exemplo, extraído do trabalho de Watts (1983), no quadro 9:

Quadro 9: Esquema 4 – energia como atividade óbvia (WATTS, 1983)

Entrevistador: “Que tipo de exemplo de energia você daria? ”

Jane: “Um incêndio queima... um telefone toca... substâncias químicas espumando... pessoas correndo... essas coisas” (tradução nossa).

Fonte: Watts (1983, tradução nossa)

E) Energia é um produto: Neste quadro, a energia não é vista como um ingrediente, mas um produto da situação, estado ou sistema (BARBOSA e BORGES, 2006). Ela é associada a algo que realmente é produzido no processo, como o suor, produzido por um atleta ao correr ou a fumaça, produto de uma queima ou de um cigarro. O esquema está apresentado no quadro 10:

Quadro 10: Esquema 5 – energia é um produto (WATTS, 1983)

Andrew: “Eles (em referência a alguns produtos químicos) podem se alterar caso liberem energia e produzam calor, neste vapor aqui” (tradução nossa).

Keith: “Bem, como ele (o gelo) derrete, vai emitir calor como a quebra das ligações entre os átomos e aí o calor será liberado, o que produz energia térmica” (tradução nossa).

Fonte: Watts (1983, tradução nossa)

Para Watts (1983), claramente neste quadro a energia não é conservada, é tratada como um produto de curta duração, gerado, e que em seguida desaparece ou desvanece.

F) Energia é funcional: A energia é vista como uma entidade, associada geralmente

a combustíveis e limitada aos aparelhos técnicos, meios de transporte e em aplicações que buscam proporcionar uma vida mais confortável, como televisão, ar condicionado luz elétrica e geladeira. Um exemplo é apresentado no quadro 11:

Quadro 11: Esquema 6 – energia é funcional (WATTS, 1983)

<p>Entrevistador: “Essa caixa possui qualquer energia? ”</p> <p>Johathon: “Não... porque as pessoas fazem todo o trabalho, empurrando a caixa para cima, sem que ela tenha qualquer energia para ajudá-las”.</p> <p>Entrevistador: “O que você diria que é energia? ”</p> <p>Johathon: “Algo que pode fazer alguma coisa para nós... (mais tarde) ... energia tem que fazer algum trabalho... como a energia elétrica faz o gravador funcionar” (tradução nossa).</p>

Fonte: Watts (1983, tradução nossa)

Neste contexto a energia existe para ser útil, não para ser medida ou estudada. Associam a energia a carros, aviões, navios, brocas... essas coisas têm energia. Já nuvens, por exemplo, não têm energia, pois não funcionam de forma útil para nós.

G) Modelo de transferência de fluxo de energia: A visão da energia como um fluido, que é transportado ou conduzido, de um sistema para outro, é bastante trabalhada nas escolas. Oliveira (2013) aponta que nesta concepção, a energia é bastante associada ao calor. Apresentamos um exemplo no quadro 12, associado a energia para acender uma lâmpada elétrica:

Quadro 12: Esquema 7 – modelo de transferência de fluxo de energia (WATTS, 1983)

<p>Keith: "... a energia... ela sai do terminal negativo... flui em volta do circuito... encontrando o bulbo da lâmpada no caminho... onde ela pode transferir alguma energia ... e volta para a bateria... a energia é sobre elétrons e como eles viajam" (tradução nossa).</p>
--

Fonte: Watts (1983, tradução nossa)

Driver e colaboradores (1994) apresentam cinco estruturas baseadas no cruzamento de classificações de alguns trabalhos disponíveis na literatura, incluindo o de Watts (1983), são elas:

A) Antropocêntrica: Visão na qual a energia é somente associada a objetos vivos, que aparece em dois grupos de concepções bem estabelecidos:

- **Vitalismo:** Energia como algo essencial para manutenção da vida. Quando estamos doentes ou debilitados, precisamos de energia (nas vitaminas, remédios ou um bom descanso) para nos recuperamos. Quando o corpo de um ser vivo não mais possui energia, ele morre.

- **Atividade:** A energia é necessária para que ocorra o movimento. Quando estamos cansados, depois de um dia de trabalho ou uma corrida, precisamos de alimento e descanso. Qualquer atividade desenvolvida por seres vivos que envolva movimento está relacionada à energia.

B) Armazenada/Agente Causal/Depósito: Existem objetos que são capazes de armazenar energia dentro de si, que é utilizada para realizar transformações em outros objetos, que podem recebe-la, como por exemplo, uma pilha armazena energia, que pode ser utilizada para fazer funcionar um rádio ou um mouse para computador. Os corpos que armazenam energia são considerados depositários, enquanto os que recebem energia e gastam tudo o que consegue obter são considerados objetos de alta atividade. Barbosa e Borges (2006) entendem que o que esse modelo quer apontar é a concepção de que a energia está armazenada dentro de certos objetos e é um agente causal de processos.

C) Associada à força, ao trabalho e ao movimento: A confusão entre os conceitos de energia e força tem origem histórica (HENRIQUE, 1996; ORNELLAS, 2006). Driver e seus colaboradores (1994) apresentam uma revisão de estudos e mostram que é de fato comum os estudantes utilizarem força e energia como sinônimos. Energia é entendida como um tipo de força que é capaz de gerar movimento, ou seja, o “movimento acontece em virtude da existência de algum tipo de energia” (BARBOSA e BORGES, 2006, p. 194) – assim, as crianças tendem a utilizar o termo “força” quando o correto do ponto de vista científico seria utilizar “energia cinética”.

D) Combustível: Concepção associada a questões de esgotamento das fontes de

energia e busca por novas fontes energéticas. Como essas fontes de energia produzem, em geral, combustíveis, os estudantes entendem que o combustível é a energia propriamente dita, e não uma fonte de energia.

E) Fluido, ingrediente ou produto: Energia é algo que pode ser contido, armazenado, transportado, cedido ou conduzido. É algo que pode fluir de um corpo para o outro, que pode estar dormente em um objeto e se manifesta a partir de algum mecanismo de disparo.

É importante perceber que essas estruturas não são totalmente independentes. Se uma pessoa fala: "andei muito de bicicleta, preciso comer para repor as energias do meu corpo", está relacionando a energia às diferentes ideias para conceito apresentadas nas estruturas.

Em 1994, Trumper pesquisou as estruturas conceituais alternativas dos alunos sobre energia, tanto antes quanto depois de estudar o conceito em aulas de Física e ciências e percebeu que antes de estudar o conceito de energia na Física, as estruturas que mais emergiram foram: (i) estrutura antropocêntrica, ou seja, centrada no homem; (ii) estrutura de causa – energia é o que faz as coisas acontecerem; e (iii) estrutura ampla de produto – energia é o produto de um determinado processo ou processos. Depois de estudar o conceito no domínio da Física Escolar, os resultados foram os mesmos.

Já em 1998, Trumper realizou um estudo longitudinal com vinte e cinco estudantes da licenciatura em Física em Israel, realizada durante 4 anos. As concepções foram observadas a partir de um questionário aplicado no primeiro dia de aula, durante quatro anos. Na primeira parte do questionário os alunos foram convidados para descrever oito imagens utilizando a palavra energia. A segunda parte do questionário foi composta por quarenta e duas afirmações, nas quais os entrevistados deveriam responder com verdadeiro, falso, não entendi ou não tenho certeza. Nos resultados, um bom número de estruturas conceituais alternativas para descrever situações, entre as quais se destaca a concepção que energia está presente apenas se existir movimentos, além das três apontadas anteriormente (TRUMPER, 1994).

Por fim, apresentamos o trabalho de Pacca e Henrique (2004), em que as autoras realizam uma análise de alguns trabalhos disponíveis na literatura acerca das

concepções informais de energia para propor três ideias fundamentais associadas ao conceito de energia, a saber:

- A) Energia como Causa/Fonte:** Energia vista como um agente causal, como algo que os corpos possuem e os permite realizar alguma ação, mudança ou transformação no ambiente. Desta forma, o carbono, na forma de carvão, por exemplo, o sol e a eletricidade possuem energia, pois provocam (causam) ações relacionadas ao movimento, iluminação e aquecimento de corpos ou do sistema.
- B) Energia como Movimento/Ação:** A energia se faz na atividade explícita do movimento. Desta forma, corpos que se movem possuem energia, corpos que não se movem, não possuem energia.
- C) Energia como Substância:** A energia é algo que tem existência material, ou quase material, e pode ser armazenada nos materiais. Por exemplo, quando se fala que a comida tem energia armazenada, se sugere a ideia de energia como uma substância. A própria linguagem utilizada quando se trata do conceito de energia – utilizando expressões como gastar, produzir, perder e dissipar – sugere a concepção de algo concreto, real, como um vaso ou uma pedra, um objeto.

Além das formas de falar e modos de pensar o conceito de energia que encontram significados em contextos relacionados ao senso comum ou contextos científicos, uma outra possibilidade deve ser considerada, ligada a domínios da pseudociência.

A pseudociência se constitui em um campo do conhecimento e se interessa em estudar fenômenos que não guardam relação com os interesses científicos, se preocupando com fenômenos que não naturais, em domínios paranormais, extra-sensoriais ou sobrenaturais. Ainda, existe o interesse por mitos e questões transcendentais, objeto de interesse de alguns campos científicos, como a cosmologia.

Uma característica central das pseudociências é a utilização de “terminologia científica, mas sem que os conceitos utilizados por ela estejam realmente associados ao fenômeno que se pretende descrever” (ARIAS, 2005, p. 5). Ou seja, as pseudociências tentam se disfarçar de ciência, sem realmente ser ciência propriamente dita. (MARTIN, 1994; KNOBEL, 2008).

A consolidação da ciência como uma área de conhecimento sólida e de respeito, principalmente nos últimos séculos, criou, em paralelo a seu desenvolvimento conceitual, uma necessidade de parte da população em utilizar seus termos em busca de respostas para diversos problemas. Para Tolentino (2012, p. 200):

No amanhecer do século XXI, a ciência e a tecnologia têm gerado mudanças na maneira de problematizar, visualizar e compreender os fatos e situações do viver diário. O conhecimento científico transcende épocas históricas, conflitos ideológicos e lutas de interesses religiosos, políticos e econômicos, para ser parte habitual da vida de cada ser humano. Porém, apesar de sua solidez como corpo de conhecimento, o desenvolvimento científico está imerso em todo um conjunto de crenças pseudocientíficas que respondem a interesses ou necessidades particulares, em contextos social e histórico.

Podemos entender a pseudociência como uma tentativa de mimetizar uma aparência científica (KNOBEL, 2008), incluindo o uso de linguagem mais complexa e baseada na utilização de termos técnicos, além de fazer uso excessivo de jargões que nada provam, mas que convencem muitos leigos, a saber: “comprovado cientificamente”, “a ciência comprova” e “baseado em estudos científicos”. Além do termo “ciência”, a utilização de temas e conceitos científicos fora do contexto de origem também é comum na abordagem da pseudociência.

Para Arias (2002, 2005), a pseudociência é deveras utilizada para divulgação comercial de um novo produto, em propagandas impressas e vinculadas a outras mídias, tais como televisão e internet. Daí, surgem termos tais como: bioenergia, energia vital e ectoplasma – o último associado a aparições fantasmagóricas e assombrações. As pessoas, na busca por consolidação dos seus modos de pensar o mundo, recorrem a astrologia, a bruxaria, demonologia, esoterismo e outros domínios pseudocientíficos para explicar fenômenos, até mesmo naturais. É possível que várias pessoas, incluindo cientistas, tomem decisões baseadas nas posições dos astros, associem fatos e situações por meio de energias desconhecidas (TOLENTINO, 2012) e acreditem em bruxas e demônios.

Os meios massivos de comunicação são responsáveis por uma profunda e crescente difusão de informações pseudocientíficas na sociedade, pois suas ideias são relativamente mais simples que as científicas. Além disso, o sobrenatural e o esotérico são bastante atrativos em diferentes culturas ao redor do mundo. Arias (2002) aponta que tal campo de conhecimento pode influenciar situações de ensino e aprendizagem, nas quais os professores se esforçam nas aulas para ensinar o

conhecimento científico, mas tais concepções perdem força ao serem confrontadas com as sedutoras ideias pseudocientíficas, o que pode causar uma falta de interesse em aprender o conceito científico.

Algumas diferenças fundamentais são apontadas por Arias (2002) e Tolentino (2012) e sintetizadas no quadro 13:

Quadro 13: Ciência versus Pseudociência

Ciência	Pseudociência
É cética. Tem dúvidas continuamente de suas próprias descobertas como método para seu desenvolvimento.	É crédula. Não exige demonstrações. Em uma manifestação mais radical considera só o que convém e não considera evidências contrárias.
Procura sempre encontrar um mecanismo baseado no conhecimento científico anterior para explicar os resultados dos experimentos.	Não propõe mecanismos. Quando fazem, não é um mecanismo baseado em conhecimentos prévios.
Os textos e artigos científicos dão citações e referências de revistas científicas arbitradas.	Não existem referências, ou as referências são de textos não arbitrados ou de congressos, ou cita opiniões isoladas de alguma suposta personalidade.
Utiliza magnitudes e conceitos bem definidos para descrever e analisar os fenômenos.	Usa seus próprios conceitos, pobremente definidos (usualmente não são magnitudes), e os mesclam de forma inadequada com conceitos científicos.
Busca incessantemente a reprodutibilidade dos trabalhos.	Se auto satisfaz com exemplos isolados ou utiliza de casos anedóticos.

Fonte: Própria

Além do uso da palavra energia nos contextos científico, escolar e de senso comum, Arias (2002, 2005) aponta para o uso da palavra energia, com significado distinto dos domínios anteriores, nas pseudociências. Neste contexto surgem termos derivados, como energia vital, energia de pirâmide ou energia cósmica, a maioria deles não encontrados comumente em dicionários, mas que atendem uma classe

específica de sujeitos, incluindo profissionais que cuidam do balanço energético de pessoas e locais: os energizadores.

Como exemplo, destacamos a energia vital, um conceito baseado em antigas teorias chinesas, buscando explicar os efeitos da acupuntura, mas sem ter por base a Física Contemporânea. De acordo com essa visão, as doenças são causadas como uma interrupção nos fluxos de energia vital no corpo humano e as agulhas podem restaurar a normalidade. A energia vital, portanto, por não apresentar uma expressão analítica associada, não é uma grandeza e não pode ser relacionada ao princípio da conservação da energia e a degradação.

Desta forma, podemos identificar uma visão esotérica do conceito de energia, associada à “... qualidades dificilmente mensuráveis e/ou de existência duvidosa, tais como bem-estar, energias positivas, energias dos cristais etc...” (QUADROS e SANTOS, 2007, p. 35). Essa visão esotérica permite pensar em uma categoria de concepções informais sobre o conceito de energia: **Energia numa visão esotérica**, entendida como a designação para associações do conceito de energia a qualidades dificilmente mensuráveis, e/ou de existência não científica, como por exemplo, energia cósmica e relacionadas ao dualismo bem-mal.

No trabalho de Quadros e Santos (2007) foram identificados, em textos de divulgação e textos gerais (revistas, jornais, entre outros) noventa e cinco ocorrências de textos associados ao modo esotérico de pensar o conceito de energia, em um universo de oitocentos e setenta e seis episódios nos quais o conceito foi observado. Dois exemplos são encontrados no artigo e reproduzidos no quadro 14:

Quadro 14: Energia no domínio das pseudociências

“Plantas têm poder de absorver as energias negativas das pessoas que se encontram no local. Cristal é peça fundamental para reter as energias negativas e propagar a positiva em todo o ambiente” (ISTOÉ DINHEIRO, 15/10/2003, 94).

“Projete sua energia para o futuro e tudo dará certo” (CLÁUDIA, 01/99, p. 29).

Fonte: Quadro e Santos (2007)

Diante do exposto, entendemos o conceito de energia como polissêmico, e as diversas formas de falar e modos de pensar o conceito de energia, com gênese no

senso comum, nas ciências ou nas pseudociências encontram significado em contextos específicos. Sendo assim, no próximo capítulo trataremos da proposta de um perfil conceitual para o conceito de energia.

CAPÍTULO 4

Metodologia da Pesquisa

Neste quarto capítulo, apresentamos a metodologia para obtenção dos dados, oriundos de diferentes fontes, buscando observar três domínios genéticos propostos por Vigotski, e discutidos por Wertsch (1988), a saber: sociocultural, ontogenético e microgenético. A partir desses dados, buscamos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que estabilizem as zonas do perfil conceitual a ser proposto.

Retomamos a importante premissa de que tais dados devem ser trabalhados de maneira dialógica e não sequencial. Essa metodologia de análise que coloca todos os dados em um jogo dialógico, em interação constante uns com os outros, permite a identificação dos compromissos que fundamentam cada uma das zonas propostas.

Assim, este estudo está alinhado com a metodologia de proposição de perfis conceituais recomendada pelo programa de pesquisa em perfis conceituais, apresentada inicialmente em trabalhos como Mortimer (2000) e Amaral e Mortimer (2006), ampliada e aperfeiçoada durante o desenvolvimento e consolidação da teoria (COUTINHO, 2005; VIGGIANO e MATTOS, 2007; SEPÚLVEDA, MORTIMER e EL-HANI, 2013) e sistematizada na sua versão atual por Mortimer e colaboradores (2014b).

Para o desenvolvimento desta pesquisa, que busca a proposição de um perfil conceitual para o conceito físico-químico de energia, realizamos o levantamento de fontes secundárias sobre a história do conceito de energia e dos trabalhos na literatura sobre as concepções informais dos estudantes, valorizando o diálogo entre os dados obtidos nessas duas etapas da investigação e a observação na sala de aula. Para isso, também elaboramos uma intervenção didática sobre energia, uma vez que se trata de um conceito que aparece nos conteúdos programáticos de maneira transversal e é fundamental para o entendimento de diversos outros conceitos e fenômenos. Em geral, não há unidades de ensino que se dediquem exclusivamente à discussão conceitual de energia, e esse conceito atravessa diversas unidades de cada área disciplinar, dessa forma, a investigação sobre como os estudantes se referem ao conceito de energia em aulas convencionais poderia demandar um tempo demasiadamente longo.

Apresentaremos, então, o percurso metodológico dessa pesquisa em quatro

seções, a saber: obtenção dos dados da literatura, obtenção dos dados empíricos em sala de aula e metodologia de organização e análise dos dados empíricos.

4.1 Obtenção dos Dados da Literatura

Para a proposição de um perfil conceitual para energia, buscamos levantar dados de fontes secundárias sobre a história da ciência, análises epistemológicas sobre o conceito de energia e trabalhos existentes na vasta literatura sobre concepções informais dos estudantes sobre a energia.

O levantamento dos trabalhos acerca do desenvolvimento histórico do conceito de energia possibilitou a elaboração de uma trajetória de origem e desenvolvimento do conceito, apresentada no capítulo 2 desse texto. Trabalhamos com livros, capítulos de livros, artigos publicados em periódicos, textos de divulgação e trabalhos publicados em anais de eventos em português, inglês e espanhol.

Inicialmente, estudamos os trabalhos mais abrangentes, que buscavam apresentar a história do desenvolvimento do conceito de energia em diferentes épocas. Em seguida, os trabalhos que consideravam recortes temporais, como por exemplo, os que tratavam da controvérsia da *vis-viva*, do desenvolvimento da teoria dinâmica do calor ou da conservação de energia. Por fim, analisamos os trabalhos de caráter biográfico, centrados nas realizações de determinado pensador ou cientista que tivesse relação direta com o desenvolvimento do conceito de energia.

Com relação às pesquisas acerca das concepções informais, também considerando as mesmas formas de divulgação apresentadas para os dados históricos, percebemos uma tendência das pesquisas em apresentar tipologias de modos de pensar o conceito de energia, apresentadas em grupos de concepções. Esse modelo foi inicialmente usado por Watts (1983), trabalho que destacamos como um dos pioneiros e talvez a principal referência para outros trabalhos posteriores, tais como as tipologias apresentadas por Driver e colaboradores (1994) e, mais recentemente, Pacca e Henrique (2004).

Os estudos investigados apresentam um pluralismo de metodologias, sendo possível reconhecer trabalhos em sala de aula de levantamento de concepções a partir de experiências e questionários (WATTS, 1983; SOLBES e TARÍN, 1998), estudos de caráter longitudinal (TRUMPER, 1994) e compilação de dados da literatura

(PACCA e HENRIQUE, 2004). Reconhecemos um padrão nas concepções informais dos estudantes, como pode ser observado no capítulo três deste trabalho de tese.

Todos os trabalhos nas duas fontes de dados foram lidos criteriosamente mais de uma vez. Buscamos também coerência entre os dados obtidos, principalmente em relação à trajetória de desenvolvimento do conceito de energia. Os dados obtidos foram construídos em interação constante e os textos foram revisitados sempre que necessário, principalmente pela influência dos modos de pensar o conceito de energia que emergiam nas falas dos estudantes em sala de aula, durante a intervenção didática que discutiremos a seguir.

4.2 Obtenção dos Dados Empíricos em Sala de Aula

Para a obtenção dos dados empíricos desta pesquisa propomos uma intervenção didática, baseada em quatro momentos distintos, para a discussão do conceito de energia em três diferentes contextos: licenciandos de Química em formação inicial, licenciandos de Física em formação inicial e estudantes do Ensino Médio. Nessa seção, discutiremos os aspectos da elaboração e aplicação dessa intervenção didática.

4.2.1 Sujeitos da Pesquisa em Sala de Aula

Para a obtenção dos dados de sala de aula, aplicamos a intervenção didática em três grupos distintos de sujeitos, a saber:

A) Sete estudantes matriculados na disciplina Metodologia para o Ensino da Física, oferecida regularmente no sexto período do curso de licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, campus Dois Irmãos.

B) Nove estudantes matriculados na disciplina Instrumentação para o Ensino da Química I, oferecida regularmente no sexto período do curso de licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, campus Dois Irmãos.

C) Vinte e três estudantes matriculados no segundo ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino da cidade de Olinda, região metropolitana de

Recife, Pernambuco. Para aplicar a intervenção, utilizamos as aulas de Física e de Química da turma investigada.

Os estudantes das licenciaturas eram alunos do turno noturno. A maioria desses estudantes estão na formação inicial de professores, mas trabalham regularmente como professores ou exercendo outras funções no mercado de trabalho. Alguns estão envolvidos em atividades acadêmicas como bolsistas ou voluntários em atividades de extensão ou em programas institucionais de bolsas de iniciação científica ou iniciação da docência (PIBIC ou PIBID).

Os estudantes do Ensino Médio que participaram da pesquisa estavam no segundo ano desse nível de ensino, e já tinham trabalhado o conteúdo de termodinâmica química, nas aulas dessa disciplina e estavam vivenciando aspectos da terminologia e termodinâmica na disciplina de Física.

O índice de assiduidade e pontualidade dos estudantes pode ser considerado bom, com poucas faltas e atrasos, principalmente no Ensino Médio, onde o rigor com a presença e o horário de chegada é maior.

Todas as intervenções ocorreram nos meses de setembro e outubro de 2015. Para realizar a pesquisa, tivemos a anuência dos professores das disciplinas envolvidas e, no caso da turma do Ensino Médio, a autorização da coordenação e da direção da escola. Os estudantes das três turmas assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (disponível no apêndice 1), que foi previamente lido e discutido com os participantes.

Buscando um maior envolvimento dos estudantes nas atividades propostas na intervenção didática, acordamos com os professores das disciplinas envolvidas associar a realização destas com elementos de avaliação. No entanto, deixamos claro para os estudantes investigados que as respostas dadas não seriam corrigidas pela coerência com as concepções científicas sobre o conceito, mas apenas pontuadas a partir de uma análise subjetiva da dedicação em realizar a atividade da forma que foram orientados.

4.2.2 Elaboração e Aplicação da Intervenção Didática

A intervenção didática relacionada a esta pesquisa foi elaborada a partir de observações relativas as fontes de dados da literatura (fontes secundárias da história

e trabalhos acerca das concepções informais sobre o conceito de energia) para ser desenvolvida em quatro momentos.

Após desenvolvida, esta foi aplicada nas turmas citadas na apresentação dos sujeitos da pesquisa pelo pesquisador, que atuou como ministrante da proposta de intervenção em todos os momentos. Para cada uma das turmas da formação inicial de professores, trabalhamos a intervenção em quatro dias distintos: duas segundas-feiras e duas quartas-feiras para os estudantes da licenciatura em Química e duas segundas-feiras e duas sextas-feiras para os estudantes da licenciatura em Física, horários regulares das disciplinas de Instrumentação para o ensino da Química I e Metodologia para o ensino da Física, respectivamente.

A intervenção na turma do Ensino Médio ocorreu em cinco diferentes dias, para adequação aos horários das disciplinas de Química e Física na turma investigada. Por conta da disponibilidade de tempo e proximidade ao período de provas, a segunda etapa da intervenção, a leitura e debate dos textos para observar modos de pensar e formas de falar sobre energia na sociedade e a construção de um infográfico não foi realizada na turma do Ensino Médio.

Os momentos da intervenção didática foram:

A) Primeiro Momento

O primeiro momento tinha como objetivos principais a apresentação da proposta aos estudantes, o levantamento de concepções informais a partir da aplicação de um questionário e a discussão sobre aspectos do desenvolvimento histórico do conceito de energia a partir da exibição de um documentário televisivo.

Segundo Viggiano e Mattos (2007), um questionário utilizado para levantamento desse tipo de dados deve delimitar e proporcionar o aparecimento de modos de pensar que estejam associadas a zonas do perfil conceitual, levando em consideração os diversos contextos diferentes nos quais energia encontra diferentes significados.

O questionário foi proposto inicialmente com nove questões e posto à validação em turmas dos cursos de Licenciatura em Química (segundo, quinto e décimo períodos), em Física (primeiro e sexto períodos) e Biologia (segundo, oitavo e décimo períodos). Posteriormente, três questões, entre as nove que faziam parte desse questionário inicial, foram selecionadas e mais uma acrescentada, sobre os conceitos de conservação e degradação da energia. As perguntas dos questionários estão

apresentadas no quadro 15. O questionário, da forma que foi apresentado aos estudantes pode ser visualizado no apêndice 2.

Quadro 15: Perguntas do questionário para levantamento de concepções sobre energia

1. O que você compreende por Energia?
2. Como você entende o significado atribuído ao termo energia em cada situação descrita a seguir:
 - A) “Nescau, energia que dá gosto! ”
 - B) “Se o inimigo te atacar, já era! Sua energia está baixa. ”
 - C) “A energia aumentou novamente. Não vamos conseguir pagar. ”
 - D) “Esta casa é amaldiçoada, sinto uma energia ruim aqui! ”
 - E) “Não gaste sua energia com ele, não vale a pena! ”
 - F) “Olha como ele corre, já percorreu mais de três voltas! Mas ele vai parar, pois correr assim exige muito gasto de energia. ”
3. O que você entende por:
 - A) Conservação de energia.
 - B) Degradação da energia.
4. O que você pode falar sobre o conceito de energia? Como ele é abordado nas diferentes disciplinas escolares? Em que ele é importante para a ciência e para a compreensão do mundo em que vivemos?

Fonte: Própria

A primeira questão foi elaborada seguindo a ideia de Coutinho (2005), que propôs uma questão ampla sobre o conceito de vida. Na nossa pesquisa, tal pergunta foi expressa na forma: “O que você entende por energia? ”. Procuramos, com essa questão, que o estudante escrevesse o que pensava sobre o conceito de energia sem nenhum tipo de limitação, com o objetivo de proporcionar uma diversidade significativa de respostas, de modo a, provavelmente, fazer surgir várias formas de falar sobre o conceito de energia (COUTINHO, EL-HANI e MORTIMER, 2007).

A segunda questão apresentava várias frases simples, algumas utilizadas nas

mídias comunicativas, outras criadas a partir de experiências vivenciadas pelo pesquisador em relação ao conceito de energia. O objetivo da segunda questão era identificar significados conhecidos pelos estudantes nos contextos dirigidos pelas afirmações. Para isso, pedimos que associassem um significado para cada uma das situações apresentadas.

A terceira questão se relaciona com a visão científica do conceito de energia, a partir do entendimento de propriedades determinantes, a saber: os conceitos de conservação e degradação da energia. Buscamos levantar as concepções dos estudantes sobre dois processos intimamente relacionados e que são fundamentais para o entendimento do conceito de energia em situações de uso especificamente científico do termo.

Já a última questão foi relacionada ao conceito de energia e sua abordagem dentro da ciência escolar e do mundo material, em perguntas distintas, mas no mesmo enunciado, buscando a emergência de novos modos de pensar, expressas a partir de formas diferentes de falar. Por fim, salientamos que as questões não buscavam respostas corretas ou incorretas dentro da visão científica e não tinham a intenção de avaliar os estudantes participantes da pesquisa, mas possibilitar que as diversas concepções sobre energia pudessem emergir.

Ainda no primeiro momento da intervenção, tivemos a exibição do documentário televisivo intitulado “Ordem e Desordem – A História da Energia”, primeiro episódio de uma série de dois, produzido pela BBC de Londres.

O documentário em tela apresenta a ideia amplamente difundida da importância da energia para todos nós e centra num questionamento relevante: o que é energia? Na tentativa de responder a essa pergunta, o apresentador, o físico inglês de origem iraquiana Jim Al-Khalili, investiga um intrigante conjunto de leis que une muitas das coisas que estamos acostumados a ver, como motores, seres humanos, estrelas e processos, que ajudam a entender a natureza do conceito e dar sentido a todo o universo.

Para finalização do primeiro momento, foi pensado um debate sobre o conceito de energia a partir da discussão vivenciada no documentário. Para sistematização do debate, produzimos uma ficha auxiliar, fragmentando o vídeo em unidades relacionadas a modos de pensar e formas de falar o conceito de energia em diferentes períodos da história, que está disponível no apêndice 3.

O primeiro momento da intervenção foi desenvolvido em duas aulas, geminadas no caso das turmas do Ensino Superior e fragmentada na turma do Ensino Médio, e consistiu em: Resolução do questionário, Exibição do documentário “Ordem e Desordem – A História da Energia”, E, por fim, o debate sobre o vídeo. A mediação do debate ficou a cargo do pesquisador, que tentou fazer com que todos os estudantes envolvidos falassem, fazendo a gestão dos turnos de fala.

Os questionários e fichas auxiliar para acompanhamento do vídeo foram entregues ao final de cada etapa do primeiro momento. Os dados do debate foram registrados a partir da gravação de vídeo.

B) Segundo Momento

No segundo momento da intervenção, propomos uma atividade para buscar identificar como o estudante entende o conceito de energia na sociedade, ou seja, as diversas concepções sobre o conceito de energia que são usualmente utilizadas pelas pessoas em situações diversas, sem necessariamente guardar uma relação com aspectos da forma como é comunicado em esferas científicas. Para isso, selecionamos, para leitura em grupos de quatro ou cinco estudantes, quatro textos jornalísticos e uma montagem de imagens publicitárias encontrados na internet e listados no quadro 16. Os textos entregues aos estudantes estão disponíveis no apêndice 4, com as referências.

Quadro 16: Textos jornalísticos e imagens publicitárias utilizados no segundo momento da intervenção

Texto	Chamada
1	Avião solar prepara volta ao mundo a partir de Abu Dhabi
2	O Brasil precisa de mais fontes de energia
3	Novas fontes de energia renovável estão em desenvolvimento no Brasil
4	Pesquisadoras criam bola que transforma energia cinética dos chutes em eletricidade



Fonte: Própria

A ideia da atividade era proporcionar um momento de debate acerca dos diferentes modos de pensar e formas de falar sobre energia que pudessem emergir nos textos selecionados. Como produto desse momento, solicitamos aos estudantes a elaboração de um infográfico sobre o conceito de energia, com o objetivo de organizar as ideias e relacionar diferentes formas de pensar e falar sobre o conceito.

De acordo com Costa e Tarouco (2010), infográficos são importantes ferramentas para a área de comunicação de informações, embora ainda substancialmente pouco explorados em contextos de ensino e aprendizagem, mesmo com o potencial didático associado. Constituem uma forma eficaz de apresentar informações sobre determinado tema, utilizando elementos gráficos associados a elementos textuais, tornando a leitura mais interessante pela acomodação de meios semióticos distintos (CALIGARI e PERFEITO, 2013).

As turmas foram divididas em grupos e para cada um foi entregue o material com os textos jornalísticos e imagens publicitárias selecionadas para esse momento. Após a discussão e a produção do infográfico, em cada grupo, os estudantes foram convidados a apresentar o material produzido sobre as visões relacionadas ao conceito de energia que foram identificadas nos textos apresentados. Os infográficos foram entregues ao final do segundo momento. Os dados relativos a discussão para montagem e apresentação do infográfico foram registrados a partir da gravação de áudio e vídeo.

Devido à realização de uma atividade extracurricular e da proximidade da semana de provas da escola, esse segundo momento não pôde ser realizado na turma do Ensino Médio.

C) Terceiro Momento

No terceiro momento, trabalhamos o conceito de energia em diversos contextos, apresentados a partir de cinco situações-problema, elaboradas para garantir uma pluralidade de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia, de acordo com as considerações feitas por Viggiano e Mattos (2007) em relação ao uso de questionários. O quadro 17 apresenta as situações-problema. Essas podem ser observadas na forma em que foram entregues aos estudantes, divididos nos mesmos grupos que trabalharam juntos no momento anterior, no apêndice 5.

Quadro 17: Situações-Problema sobre Energia em diferentes contextos

1. A vida precisa de energia! Essa afirmação é facilmente comprovada pela necessidade que temos de comer para que nosso corpo funcione de maneira adequada. A partir de pesquisas relacionadas à fisiologia foi determinado o valor de 2000 Kcal diárias para o bom funcionamento do corpo humano. Se por acaso um amigo perguntasse o que deveria fazer para manter seu peso constante, qual seria sua recomendação: exercícios constantes, diminuição na ingestão de alimentos? Por que?
2. A energia é invisível! Não podemos ver a energia, no entanto, podemos observar os fenômenos relacionados com a energia a partir das transformações. Como você poderia explicar:
 - A) O crescimento de uma planta.
 - B) A emissão de luz por um vagalume.
 - C) A trajetória de um corpo esférico em um plano inclinado.
 - D) A queima de uma vela.
 - E) O aquecimento de um metal, ao entrar em contato com outro metal em temperatura mais elevada.
 - F) A utilização de um painel fotovoltaico.
3. Existem diversos tipos de energia que são discutidos no cotidiano e na ciência. Arias, em 2005, sugere que podemos classificar a energia quanto à natureza e quanto a fonte de origem.
 - A) Como você classificaria a energia quanto à natureza? Dê exemplos.

- B) Como você classificaria a energia quanto a fonte de origem? Dê exemplos.
- C) Essas manifestações de energia se diferenciam de que forma? São diferentes ou manifestações distintas da mesma coisa?
4. O místico e o sobrenatural têm tido destaque atualmente na sociedade. Termos como "energia cósmica" e "energia dos cristais" são apresentados em materiais de divulgação e textos em revistas, adquirindo significados no cotidiano das pessoas e fazendo surgirem até novas profissões, como os energizadores, que atuam na substituição da energia negativa por energia positiva, em determinado ambiente.
- A) Como você compreende essa visão de energia?
- B) O termo energia é utilizado nesta situação com significado científico? Justifique.
5. A energia se conserva! A formulação do princípio da conservação de energia se caracteriza como um importante marco no desenvolvimento do conceito de energia, pois a partir desta propriedade podemos entender melhor o conceito. No entanto, algumas questões podem ser feitas:
- A) Se a energia se conserva, por que em diferentes momentos da história se fala em crise energética?
- B) Se a energia se conserva e um litro de combustível pode movimentar um carro por vários metros, por que não pode movimentar o carro perpetuamente?
- Como explicar essas situações?

Fonte: Própria

O objetivo do trabalho com as situações-problema foi de associar contextos nos quais o conceito de energia assume diferentes significados, buscando evidenciar modos de pensar e formas de falar que podem orientar a proposição de zonas para o perfil conceitual. Cada uma das situações-problema pensadas buscou evidenciar uma dessas formas específicas.

Os contextos escolhidos para as situações-problema foram, respectivamente: energia dos alimentos e atividades físicas (situação-problema 1), energia no contexto das transformações ocorridas na natureza (situação-problema 2), classificação da energia quanto a natureza e fonte de origem (situação-problema 3), energia em uma perspectiva pseudocientífica, associada ao misticismo e questões espirituais e sobrenaturais (situação-problema 4) e a energia em termos das propriedades de

conservação e degradação tomando como cenário o processo de queima de combustível automotivo (situação-problema 5).

Tais contextos foram selecionados a partir dos dados oriundos da literatura, nas análises de fontes secundárias de história e das classificações de concepções informais de estudantes sobre o conceito de energia, de maneira semelhante a escolha realizada para as perguntas do questionário. Duas das situações-problema apresentadas estavam inseridas no questionário piloto para levantamento de concepções prévias e foram reformuladas e/ou ampliadas para compor o rol dos contextos apresentados aos estudantes.

Os estudantes foram direcionados para a discussão de cada situação-problema a partir de quatro questões para discussão, apresentadas no material entregue: “Qual o problema apresentado”?; “Que conceitos são mobilizados para sua resolução”?; “Qual a resolução para essa situação-problema”?; Como o conceito de energia é entendido e evidenciado nessa situação”?

Em duas aulas geminadas em todas as turmas envolvidas na aplicação da intervenção didática, trabalhamos com os mesmos grupos divididos no momento anterior, com exceção da turma do Ensino Médio, que teve a divisão por grupos sugerida para essa atividade.

As situações-problema foram entregues no início da aula, para que fossem discutidas e resolvidas pelos estudantes durante todo o tempo disponível, que foi de 1 hora e quarenta minutos para todas as turmas.

As interações dos grupos durante a discussão foram gravadas em áudio com o auxílio de gravadores de áudio, além de celulares e um *tablet* com aplicativo para gravação de áudio, um aparelho por grupo.

D) Quarto Momento

A atividade proposta no quarto e último momento da intervenção didática foi um debate sobre as diversos modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia, guiado pelas situações-problema resolvidas pelos grupos no momento anterior.

Consideramos esse momento um dos principais para a pesquisa aqui apresentada, pois as interações discursivas resultantes do debate foram utilizadas para observar a emergência de modos de pensar a partir de formas de falar sobre o

conceito de energia. Então, os três primeiros momentos da intervenção foram espaços para o desenvolvimento de atividades que ajudaram na construção dos conhecimentos sobre o conceito de energia e permitiram um maior envolvimento dos estudantes no debate.

O debate foi o momento mais importante para a coleta de dados empíricos nessa pesquisa, uma vez que as interações discursivas aqui emergentes foram consideradas para a seleção de episódios para posterior análise, sendo as demais etapas importantes para instrumentalizar e preparar os estudantes para esse último momento. Os debates aconteceram em aulas geminadas e os estudantes de cada turma ainda estavam dispostos em grupos, com exceção da Física, que optou por se organizar de maneira individual, argumentando maior liberdade em expor seus pensamentos, o que foi prontamente aceito pelo pesquisador. No entanto, as respostas as questões levantadas durante o debate foram feitas pelos estudantes individualmente, com pouca interação interna entre membros do mesmo grupo e com poucas tentativas de recorrer ao material de resolução das situações-problema.

Buscamos deixar os estudantes mais livres para conduzirem as discussões, centradas na resolução das situações-problema e discussão sobre o conceito de energia em cada um dos contextos.

Os debates foram gravados em vídeo, utilizando uma câmera portátil digital e depois transcritos na íntegra para buscar momentos em que o conceito de energia é discutido e modos de pensar expressos em formas de falar sobre tal conceito emergem nas falas dos estudantes. Segundo Amaral e Mortimer (2006), cada um desses episódios selecionados é uma unidade de análise dos processos microgenéticos que ocorrem em sala de aula, e constitui um conjunto de enunciados que cria o contexto para que possa emergir significados relacionados a esse contexto.

4.3 Metodologia para Análise dos Dados de Sala de Aula

Nessa seção apresentaremos os critérios para análise dos dados empíricos construídos na pesquisa, a saber: respostas aos questionários e episódios selecionados das interações discursivas no momento do debate sobre o conceito de energia em diversos contextos, a partir das situações-problemas elaboradas para a intervenção. Esse conjunto de dados foi selecionado para compor o corpus da pesquisa por estarem associados aos momentos nos quais o conceito de energia foi

discutido com maior possibilidade de emergência de modos de pensar a partir das formas de falar.

4.3.1 Análise das respostas ao questionário

Para apresentação das respostas dos estudantes, atribuímos um código composto por duas letras, que indicam o contexto escolar (LF para licenciatura em Física, LQ para licenciatura em Química e EM para o Ensino Médio), seguidos de um número de ordem para cada estudante, atribuindo a seguinte marcação, apresentada como exemplo: LF1, LF2, LQ1, LQ3, EM1 e EM4.

A segunda questão, que tinha como objetivo reconhecer contextos em que a palavra energia adquire significados distintos apresentou respostas diretas e pouco elaboradas, relacionadas, em geral, a reconhecimento do contexto. Dessa forma, foi utilizada para uma eventual reformulação das situações-problema elaboradas, e não foi analisada com o viés de coletar dados para a proposição do perfil conceitual para o conceito de energia.

Buscamos discutir as respostas de cada estudante para cada questão, com exceção da segunda, evidenciando formas de falar sobre o conceito de energia que apontam para modos de pensar esse conceito (MORTIMER, 2001).

4.3.2 Análise dos episódios selecionados das interações discursivas

Para analisar as interações discursivas no debate, que configura a etapa final da intervenção didática, optamos por utilizar as ideias de Mikhail Bakhtin sobre o discurso. Tal escolha é justificada pela inserção na teoria dos perfis conceituais, de um arcabouço teórico que inclui, entre outras, a teoria da linguagem do círculo de Bakhtin (MORTIMER et al, 2014).

Para que tenhamos acesso aos modos de pensar, precisamos entender as formas de falar sobre o conceito de energia, uma vez que não temos acesso ao pensamento do indivíduo. Dessa forma, à medida que o indivíduo expressa suas ideias, ele vai constituindo seu modo de pensar, que pode estar relacionado as formas de falar, e conseqüentemente ser representativo de uma zona do perfil conceitual.

O conceito central para o desenvolvimento da teoria de Bakhtin para a linguagem é o princípio dialógico, que permeia toda a sua concepção de linguagem, de mundo e de vida (BARROS, 1999). O dialogismo, então, assume nessa visão a condição de sentido do discurso e se configura como princípio constitutivo da linguagem, sendo o elemento que vai fundamentar a interação verbal que ocorre entre o enunciador e o enunciatário em um discurso.

Para Bakhtin (1929/2009), o dialogismo flui na interação verbal entre o enunciador e o enunciatário. Todavia, o sujeito enunciador não é elemento central no sentido individual, sendo considerado como um sujeito que é histórico e ideológico, e entendido como portador de diferentes vozes sociais. Existe, então, um deslocamento da visão do sujeito para a situação de interação (BARROS, 1999), sendo a relação entre o eu e o outro a base desse dialogismo, ao assumir que nenhuma palavra é propriedade do eu, uma vez que incorpora a perspectiva de outra voz ou outras vozes.

Ao tratar da linguagem, e não propriamente da língua, a unidade básica na teoria de Bakhtin não é o signo, mas uma unidade concreta e real da comunicação discursiva denominada enunciado, que é caracterizado pela alternância entre os interlocutores. O ato da fala é chamado por Bakhtin como enunciação. Para a construção dos enunciados, o enunciador sempre leva em conta o discurso do outro para a composição de um discurso a partir de outros discursos. Desta forma, evidenciamos o papel do outro, pois “o centro organizador de toda a enunciação, de toda a expressão, não é interior, mas exterior: está situado no meio social que envolve o indivíduo” (BAKHTIN, 1929/2009, p. 118).

Justificamos a análise de episódios extraídos das interações discursivas dos estudantes durante o debate, entendendo que esses representam um enunciado completo, que possibilita analisar os sentidos e significados construídos pelos estudantes sobre o conceito de energia em um domínio microgenético. Os enunciados são tomados como a unidade de análise, que se concretizam nos episódios.

Podemos assumir então que, para Bakhtin, qualquer pessoa quando fala considera impreterivelmente a fala do outro, que está presente em seu discurso. Dessa forma, podemos considerar que todo texto ou discurso é polifônico, com vozes que polemizam entre si, buscando se complementar ou responder umas às outras, ou seja, no interior de cada texto ou discurso existe o diálogo entre muitos outros textos ou discursos da cultura, que são responsáveis por defini-lo (BARROS, 1999).

Assim, podemos pensar na polifonia como um conceito fundamental na teoria de Bakhtin, desenvolvido a partir da análise da obra de Dostoievski, na qual está ancorada a ideia de diversidade de vozes controversas no interior de um texto (MACHADO, 2008). Segundo Ferreira e Aquino (2008), para Bakhtin, Dostoievski criou um novo tipo de romance, o polifônico, no qual as vozes das personagens se confunde com a voz do autor da história, em uma incorporação mútua, para a formação de um todo. Ou seja, a construção das personagens passa por um processo no qual não surgem vários discursos monológicos, e sim um discurso polifônico.

Os discursos polifônicos são aqueles revelam a existência das muitas vozes que se mostram, e fazem oposição ao discurso monofônico, que esconde esse diálogo, escondendo a multiplicidade de vozes, fazendo parecer uma voz única. Essa polifonia se relaciona com outro conceito importante na teoria, a ideia de intertextualidade, que está relacionada ao diálogo do discurso com outros discursos, e “suporta o discurso não falado por uma única voz, mas por muitas vozes geradoras de muitos textos que se entrecruzam no tempo e no espaço” (BLIKSTEIN, 1999).

Então, para Bakhtin (1929/2009), o discurso é tecido polifonicamente por fios dialógicos de vozes distintas que polemizam entre si, se completam ou se respondem. A interação com o discurso do outro e a reestruturação do próprio discurso ocorrem mediante a apropriação das palavras do outro e da reelaboração da própria palavra, mas que mesmo sendo de propriedade do eu, ainda é polifônica, mas que a medida que nos apropriamos do discurso do outro, as nossas palavras vão povoando o discurso, que se dirige a situação de monologização, para uma situação monofônica (SILVA, 2014).

Na análise das interações discursivas em sala de aula de ciências Mortimer e Scott (2002) apresentam uma ferramenta analítica que, para observar a caracterização do discurso, destacando a ideia de discurso de autoridade e discurso dialógico, com base na ideia de discurso de autoridade e discurso internamente persuasivo de Bakhtin. Para o filósofo russo, um discurso de autoridade apresenta uma coincidência mais abrangente possível entre o que o enunciador e o outro interlocutor comunicam, produzindo um texto com uma tendência máxima de ser unívoco, com ênfase no conhecimento compartilhado e já construído. Já o discurso internamente persuasivo permite versões contraditórias e interpretações alternativas, desde que sejam argumentadas e justificadas (MORTIMER, 1998, apud SILVA, 2014).

Uma outra ideia da teoria do círculo de Bakhtin para a linguagem que merece destaque são os gêneros do discurso ou gêneros discursivos. De acordo com o autor, as relações entre linguagem e sociedade são indissociáveis, ocorre a produção de formas relativamente estabilizadas, flexíveis, combinatórias e ágeis de enunciados, chamados de gêneros do discurso, que são, tanto quanto a forma da língua nacional, fundamentais para a existência de interações verbais.

Os gêneros do discurso são elaborados segundo as condições específicas de cada um dos campos da comunicação verbal e incluem toda a diversidade de diálogos cotidianos e de enunciações da vida pública, institucional, artística, científica e filosófica (BARROS, 1999; MACHADO, 2008). As diferentes esferas comunicativas podem constituir gêneros relacionados ao cotidiano, que são chamados de gêneros primários, ou gêneros secundários, que estão relacionados a sistemas ideológicos constituídos.

Os gêneros primários são simples, e são constituídos basicamente da comunicação verbal, ou seja, enunciados falados e espontâneos. Os gêneros secundários, por sua vez, são mais complexos e aparecem nas esferas de comunicações culturais, sendo essencialmente escritos (AFFONSO e YONEZAWA, 2011). Os sistemas específicos de linguagem, como a ciência, a arte e a política constituem gêneros secundários de discurso.

Para que ocorra interação verbal, as pessoas precisam saber se expressar em diferentes situações, ou seja, dominar gêneros de discurso de diferentes esferas. É importante salientar que os gêneros primários podem produzir gêneros secundários (MACHADO, 2008).

Para esse trabalho, buscaremos identificar nos episódios selecionados, a partir de uma análise crítica das interações discursivas, a emergência das seguintes questões:

- A) Se o enunciado contém um discurso próprio do estudante ou um discurso do outro.
- B) Se o enunciado se aproxima de um gênero primário, ou seja, mais próximo do conhecimento de senso comum, usual em esferas da atividade humanas relacionadas com contextos não científicos, ou de um gênero secundário, aproximado a ideias científicas sobre o conceito de energia.

- C) Quais as zonas do perfil conceitual de energia (modos de pensar e formas de falar com valor pragmático para determinado contexto) emergem nos enunciados.

O debate acerca das situações-problema foi transcrito na íntegra e organizado de maneira lógica e sequencial, respeitando, na íntegra, as falas dos participantes. A partir deste material, foram selecionados episódios, nos quais uma ou mais formas de falar sobre o conceito de energia emergem na discussão.

Os estudantes foram marcados com o mesmo código de letras utilizado na análise dos questionários, porém, para as turmas de licenciatura em Química e Ensino Médio, a representação do número de ordem apresentando dois números, separados por um ponto. O primeiro número indica o grupo ao qual o estudante está inserido, por exemplo: EM3.1 indica estudante do Ensino Médio do grupo 3, número de ordenação 1. LQ2.4 indica estudante da licenciatura em Química do grupo 2, número de ordenação 4. Para a turma de licenciatura em Física a notação é idêntica à utilizada na abordagem das respostas ao questionário.

4.4 Elaboração de uma Matriz de Modos de Pensar e Formas de Falar e Proposição do Perfil Conceitual para o Conceito de Energia

Retomamos a metodologia para proposição de um perfil conceitual, apresentada no capítulo 1, que ocorre em quatro etapas, a saber: levantamento bibliográfico em fontes históricas secundárias, levantamento de trabalhos que abordam investigações acerca de concepções informais sobre o conceito, aplicação de questionários para levantamento de concepções dos estudantes em salas de aula, nos diversos níveis de ensino e análise das interações discursivas da sala de aula. Reafirmamos a importância de trabalhar com esses dados de maneira recursiva e dialogada.

Para a proposição do perfil conceitual para o conceito físico-químico de energia, nessa tese, adaptamos a proposição de Sepúlveda, Mortimer e El-Hani (2013), na qual se agrega temas epistemológicos a partir dos quais o conceito a ser perfilado pode ser significado, a um conjunto de compromissos epistemológicos e ontológicos que são usados para a proposição das zonas do perfil conceitual.

Escolhemos elaborar uma matriz com modos de pensar associadas a formas de falar o conceito de energia, listando para cada uma das formas identificadas, a partir

dos dados oriundas da literatura e análise do questionário posto a validação, categorias e identificadores específicos para o estabelecimento dos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que irão individualizar as zonas.

Em seguida, esses modos de pensar o conceito de energia serão revisitados a partir dos dados empíricos, oriundos dos questionários de concepções e da análise das interações discursivas para que sejam estabelecidos os compromissos e possamos apresentar a proposta de perfil conceitual para o conceito de energia, no contexto do ensino da Física e da Química.

CAPÍTULO 5

Matriz de Modos de Pensar e Formas de Falar o Conceito de Energia

O principal objetivo deste trabalho é a proposição de um perfil conceitual para o conceito de energia nos contextos do ensino da física e da química. Como já discutido anteriormente, o conceito em tela apresenta múltiplas perspectivas de significados em contextos diferentes, sendo uma palavra com muitos usos (BURATTINI, 2008), além de um dos conceitos unificadores das ciências naturais (ANGOTTI, 1993). Assim, parece-nos que o conceito é perfilável, ou seja, é possível, a partir da metodologia sugerida pelo programa de pesquisa em perfil conceitual, e apresentada na metodologia deste trabalho, propor um perfil conceitual de energia.

Iniciamos o capítulo situando a energia como um ontoconceito. A seguir, faremos a apresentação de uma matriz de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia montada a partir dos dados advindos da literatura, ou seja, das fontes secundárias de história da ciência e dos trabalhos acerca das concepções informais de estudantes, e dos dados empíricos dos questionários e dos episódios das interações discursivas.

5.1 Energia: Um Ontoconceito

Emmeche e El-Hani (2000), propõem a noção de ontodefinição considerando categorias muito gerais que são, a grosso modo, vagas ou abstratas, mas que estão associadas a categorias que fazem parte de uma visão científica de mundo, como por exemplo, matéria, vida, mente, sociedade. Essas categorias nos remetem a diferentes modos de pensar em contextos específicos, mas se constituem como conceitos complexos, estruturados pela Ciência. Ontodefinição, é uma palavra criada pelos próprios autores, que apontam para o papel fundamental dessa categoria no caráter pragmático da atividade cognitiva, embora não estejam no centro da investigação científica. Por exemplo, embora biólogos utilizem o conceito de vida constantemente, e químicos e físicos utilizem as ideias de matéria e energia em seus trabalhos, eles não se preocupam diretamente com as ontodefinições em seu dia a dia, não reconhecendo qualquer relação entre o ontoconceito e com suas atividades experimentais cotidianas (EMMECHE e EL-HANI, 1997).

Para Roca (2012), as ontodefinições pretendem lidar com tipos muito gerais e diversificados de objetos, sobre os quais estão associados contextos pragmáticos distintos, em amplitudes diversificadas, mas que são interdependentes entre si. Uma discussão sobre a ideia de vida como uma ontodefinição é apresentada por Emmeche e El-Hani (1997). Os autores acreditam que os biólogos não consideram, no geral, a definição de vida como útil nos seus contextos de pesquisa, considerando as tentativas falhas em estabelecer essa definição e não acreditando que seja possível definir tal ideia de maneira precisa, considerando que tal intenção é puramente especulativa

No entanto, os autores procuram, baseado na própria epistemologia da biologia, requisitos para uma definição de vida. São eles:

- A) Uma definição de vida deve ser geral, para que possa abranger todas as formas de vida possíveis, com a vida artificial e questões relacionadas a exobiologia.
- B) Uma definição de vida não deve envolver noções que não estejam relacionadas ao que a ciência compreende como vida, ou seja, deve ser coerente com a química, a física e, principalmente, a biologia moderna. Desta forma, deve ser não-vitalista, ou seja, não se apegar a questões de energia amplas ou poderes vitais ocultos, mas com o cuidado de não ser reducionista.
- C) Uma definição de vida deve ser elegante na organização conceitual, ou seja, deve ser capaz de organizar os conhecimentos biológicos numa estrutura inteligível. Seu papel deve ser de “proporcionar um perfil claro ao objeto geral de estudo na área mais ampla da biologia como um todo” (EMMECHE e EL-HANI, 1997, p. 8), macroscopicamente e microscopicamente, e diferenciar de abordagens que utilizam a vida em questões filosóficas, psicológicas e pseudocientíficas
- D) Uma definição de vida deve ser específica, para que possamos distinguir sistemas vivos e sistemas não-vivos

As ontodefinições surgem como um termo de caráter integrativo, embora vago e implícito, acerca dessas noções no interior de um dado paradigma científico, buscando “definir mais explicitamente estas categorias ontológicas mais amplas” (EMMECHE e EL-HANI, 1997, p. 9). Tal ideia deve ser utilizada para evitar o rigor excessivo com as definições cientificamente obscuras para os conceitos, pois o

conhecimento deve envolver tanto o específico quanto o não-específico. Os mesmos autores, em 2000, apontam:

É exigido dos conceitos específicos de uma área do conhecimento em grau de precisão que as ontodefinições não podem ter, na medida em que precisam ser consistentes com uma certa quantidade de fenômenos diferentes. Por outro lado, as ontodefinições tem um papel interpretativo nos paradigmas científicos que não pode, em geral, ser requerido de noções mais específicas (EMMECHE e EL-HANI, 2000, p. 42-43).

As ontodefinições estão associadas a conceitos científicos que se situam na fronteira entre a ciência e metafísica, ou mais amplamente, entre a ciência e a pseudociência. Ciência e metafísica são campos de conhecimentos distintos, no entanto, existe uma interdependência entre eles, no sentido de trocas mútuas entre os dois domínios, a partir da utilização de palavras reconhecidamente utilizadas nas ciências, tais como matéria, energia, mente, cultura, que encontram paralelo nas discussões filosóficas e pseudocientíficas (ARIAS, 2005). Para Coutinho, El-Hani e Mortimer (2007), ciência e pseudociência estão relacionadas ao domínio científico, no sentido do avanço do conhecimento, pela pesquisa realizada pelos cientistas, mas também reverberam em contextos da ciência escolar, em situações de ensino. Citando El-Hani e Kawasaki (2000), os autores apontam que o sucesso no ensino de uma ciência pode ser mensurado pela capacidade do estudante em não se limitar a memorização de termos técnicos e fatos científicos, mas construir uma visão integrada e ordenada da ciência.

Na teoria dos perfis conceituais, aparece a noção de ontoconceito, uma modificação nas ideias de ontodefinição de Emmeche e El-Hani (1997, 2000). Os ontoconceitos devem ser pensados como categorias bastante amplas na ciência, tais como: matéria, energia, mente, sociedade, que denotam explicações de fenômenos de maneira relativamente vaga, mas que encontram utilização fundamental no mundo científico moderno, pertencendo ao componente metafísico de um paradigma científico, ou, no contexto de ensino, em uma matriz disciplinar (COUTINHO, EL-HANI e MORTIMER, 2014). Os ontoconceitos também são:

Muito básicos para a caracterização paradigmática da atividade científica – mas fornecem uma compreensão básica e uma narrativa explicativa da própria natureza desses objetos maiores – não são frequentemente considerados pelos cientistas, uma vez que são normalmente implícitos em sua matriz disciplinar (MORTIMER e EL-HANI, 2014, p. XII).

No cerne do programa de pesquisa em perfis conceituais, foram definidos para trabalhos iniciais na proposição de perfis três conceitos básicos e centrais nas ciências naturais, a saber: matéria, energia e vida. A partir desses, foram propostos e trabalhados perfis conceituais para os conceitos:

1. Relacionados ao conceito de matéria: átomos (MORTIMER, 2000), molécula (MORTIMER, 1997) e substância (SILVA, 2011).
2. Relacionados ao conceito de energia: calor (AMARAL e MORTIMER, 2001) e entropia e espontaneidade (AMARAL, 2004).
3. Relacionados ao conceito de vida: conceito biológico de vida (COUTINHO, 2005) e Adaptação evolutiva (SEPÚLVEDA, 2010).

As características do conceito de energia, identificadas a partir da pesquisa na literatura (fontes secundárias de história da ciência e concepções informais) parecem confirmar a hipótese da energia como um ontoconceito: sua definição na comunidade científica e na comunidade científica escolar é pouco considerada, embora seja um conceito muito utilizado; apresenta múltiplas perspectivas de aplicação em diferentes contextos; dentre os contextos de utilização, uma dimensão pseudocientífica é associada ao conceito; e, por fim, é transversal ao estudo das ciências naturais como um todo, sendo importante para estudo de fenômenos físicos, químicos e biológicos.

Ainda, ratificamos a posição da energia como um ontoconceito a partir da própria base de investigação no programa de pesquisa em perfis conceituais, que colocou o conceito em tela com um dos três ontoconceitos fundamentais para a proposição de perfis conceituais. Neste trabalho de tese, estamos conscientes de que a proposição de um perfil conceitual que incluísse todas as dimensões do ontoconceito de energia demandaria uma pesquisa da literatura em um espectro mais amplo do que aquele das Ciências Naturais, e exigiria um trabalho de campo em contextos que vão além do científico. Dessa forma, optamos por propor um perfil conceitual de energia, considerando modos de pensar associados aos contextos do ensino da Física e da Química.

5.2 Propondo uma Matriz Inicial de Modos de Pensar e Formas de Falar

O trabalho para proposição de um perfil conceitual para determinado conceito,

no nosso caso o conceito de energia no contexto do ensino da Física e da Química, trabalha com uma diversidade de dados, que são originários de diferentes fontes. Desta forma, trabalhamos com o diálogo entre os estudos de carácter epistemológico e histórico, a literatura de estudos sobre concepções alternativas dos estudantes em diferentes níveis escolares, e os dados empíricos obtidos em sala de aula, por meio de questionário e da análise de interações discursivas, para identificação de formas de falar e modos de pensar sobre energia.

Assim, partimos da hipótese, não aleatória, de que o conceito de energia tem muitos significados, e, portanto, pode ser perfilado. Propor tal perfil conceitual é o objetivo principal desta pesquisa. Trabalhamos com uma metodologia que se adequa as bases metodológicas do programa de pesquisa em perfil conceitual, considerando aspectos discutidos por Coutinho (2005), Amaral e Mortimer (2006), Mortimer, Scott e El-Hani (2009), Sepúlveda, Mortimer e El-Hani (2013) e Mortimer e El-Hani (2014).

Ao propor o perfil conceitual de vida, Coutinho (2005) afirma que:

Seria ingênuo, no entanto, afirmar que as zonas do perfil advieram de uma análise objetiva dos dados empíricos e que, sem qualquer pré-conceito ou pré-juízo, “descobrimos” as categorias, como se elas estivessem ali, dadas de uma vez por todas, prontas a se mostrarem a uma mente alerta. Elas correspondem ao resultado de um processo socialmente situado de construção do conhecimento por um pesquisador... (que) já havia tomado contato com a bibliografia sobre o conceito de vida, o que, inclusive, contribuiu em muito para a estruturação das questões e para a análise dos resultados (COUTINHO, 2005, p. 28).

Para o perfil conceitual de vida, Coutinho (2005) apontou como hipóteses acerca das respostas dos alunos: listagem de propriedades relacionadas a vida, vida como dom de um agente criador (por exemplo, Deus), vida como uma substância ou entidade presente no mundo, antropomorfismos e visões mecanicistas da vida. Tais formas de falar foram associadas em categorias, chamadas pelo pesquisador de categorias expandidas. Assim, a elaboração das categorias de análise para os dados empíricos para o perfil conceitual de vida foi construída em um jogo de análise dos questionários, guiado por um conjunto de noções prévias adquiridas na literatura (COUTINHO, MORTIMER e EL-HANI, 2007).

Inicialmente, propomos uma matriz de formas de falar e modos de pensar um conceito, baseado na matriz epistemológica proposta por Sepúlveda, Mortimer e El-Hani (2013) para estruturar as diferentes concepções sobre energia, identificadas nos dados, que apontam para categorias apresentadas nesta primeira análise.

Tais modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia construídas a partir dos dados são as seguintes:

5.2.1 Energia associada à Transformação

Historicamente, a visão da energia associada à transformação é originária da metafísica aristotélica, especificamente na ideia da mudança que o ser passa, devido as virtudes da energia (ou, mais precisamente neste caso, *energeia*), do seu estado potencial (*dinamis*) para seu estado final. Por exemplo: um ovo tem potencial de ser uma galinha, mas não é. Apenas com as virtudes conferidas pela *energeia* tal modificação da potência no ato é possível. Desta forma, energia se relaciona, neste contexto, à transformação ou causa de um processo.

Na literatura sobre concepções alternativas, destacamos as classificações de Watts (1983), Trumper (1994) e Pacca e Henrique (2004). O primeiro entende a energia como funcional, ou seja, as pessoas a veem como uma entidade, associada a aparelhos, meios de transporte e aplicações que garantam a melhoria na qualidade de vida dos homens, numa visão utilitarista dessas transformações. Já Trumper e Pacca e Henrique (2004) concordam ao afirmarem existir uma visão causal, dentro dessa perspectiva, ou seja, a energia é responsável por fazer as coisas acontecerem, ou seja, um agente causal, que permite realizar algumas ações, mudanças ou transformações no ambiente, sejam esses processos de utilidade do homem ou não.

Por fim, ainda podemos pensar a energia como responsável pela criação e/ou manutenção da vida, em um modo de pensar de cunho antropocentrista, no qual é a energia, envolvida nos ciclos biológicos, que permite a existência da vida.

Essa visão da energia reúne os processos de mudança, a visão causal da energia e a existência da energia como uma quantidade física, pois todas essas concepções estão relacionadas ao papel desempenhado pela energia nas transformações físicas, químicas e bioquímicas que ocorrem na natureza.

5.2.2 Classificação quanto a natureza e origem da Energia

Tal forma de falar surge quando, ao pensar no conceito de energia, o indivíduo recorre a formas de classificação, principalmente quanto a sua natureza e origem

(SOLBES E TARÍN, 1998; ASSIS e TEIXEIRA, 2003; ARIAS, 2005). Assim, surgem formas de falar que giram em torno do tipo de medição da energia, ou seja, energia cinética, potencial, térmica, química, e quanto ao local de origem dessa energia, a saber: solar, eólica, hidroelétrica, nuclear, entre outras.

Esse modo de pensar a energia considera uma grandeza que existe e pode se converter em diversos tipos diferentes, e o reconhecimento dessas diferentes formas de energia é o ponto principal no entendimento do conceito. Ainda, é favorecido e estimulado pela sua abordagem didática, em contexto escolar.

Ainda que essa visão também esteja relacionada a ideia de transformação, a categorização sugerida nesse modo de pensar parece ser predominante na compreensão dos estudantes ao expressar ideias relacionadas a classificação da energia quanto a natureza e origem. No desenvolvimento histórico do conceito de energia, a classificação quanto a natureza parece ter tido um papel fundamental na consolidação do conceito, pois os diferentes tipos de energia estão relacionados a momentos de distinção conceitual e direcionamentos para a definição da energia. Quanto às origens, elas parecem relacionadas aos fenômenos observados, por exemplo, o vento causa movimento e o sol traz o calor. Quando a ciência sistematiza e estabiliza essas concepções, as denominações, energia eólica, energia solar, entre outras, são incorporadas ao vocabulário científico e tecnológico.

5.2.3 Energia como algo Material

Durante o desenvolvimento histórico do conceito de energia, essa foi vista como uma substância, associada a teoria do calórico, responsável pela dilatação dos corpos quando aquecidos, e em situações extremas, poderia ser transferida de um corpo para o outro, causando o aquecimento do corpo mais frio quando em contato com o corpo mais quente. Ainda, quando um objeto se encontra em uma posição diferente do solo, ele possui energia mecânica potencial, que pode ser associada, também, a ideia de armazenamento de energia.

Nesta visão, de forma geral, a energia é considerada como algo de existência comprovada, embora não necessariamente visível, que é armazenada em alguns sistemas e pode ser transferida para outros sistemas, sob certas condições (BARBOSA e BORGES, 2006), numa visão com um claro compromisso substancialista e intimamente relacionada ao conceito de calor. Para Pacca e

Henrique (2004), o grupo de concepções associadas a esse modo de pensar entende que a energia é algo que tem a existência material comprovada (ao menos quase material) e pode ser estocada nos materiais.

Watts (1983) apresenta quatro diferentes grupos de concepções alternativas de vertente substancialista: o modelo depositário – ou de armazenamento, chamado por Goldring e Ogborn (1994) de modelo de estocagem –, energia como ingrediente, energia como produto e, por fim, o modelo de transferência de fluxo de energia, no qual a energia é contida em um corpo e transferida para outro como um fluido conduzido. Esses quatro grupos são unificados por Driver e colaboradores (1994), que entendem a energia nesse contexto como algo que tem o poder de fluir de um corpo, ou sistema, para outro, que geralmente está armazenado e latente, e que se manifesta apenas após um mecanismo de disparo adequado.

Outro tipo de concepção informal apontado por Driver et al (1994) é a ideia de energia como combustível: como as fontes de energia geram combustíveis, os estudantes tendem a associar o combustível à energia propriamente dita, e não a fonte de energia. Nessa visão, carvão, gasolina e etanol, por exemplo, são a própria energia, e não substâncias que podem fornecer energia ao sistema a partir de processos. Essa concepção também pode ser relacionada aos alimentos, que para os estudantes, além de possuir energia armazenada, podem ser entendidos como a própria energia materializada.

5.2.4 Energia como Movimento

Ao observar a trajetória do desenvolvimento histórico do conceito de energia, encontramos duas ideias de energia associada ao movimento:

A) Energia como propriedade dos corpos e relacionada aos movimentos. Nessa perspectiva, estamos nos referindo ao modo de pensar e as formas de falar sobre energia relacionados ao movimento de natureza macroscópica, associados diretamente à energia mecânica cinética.

B) Energia como produto do movimento das partículas microscópicas que compõem o sistema, numa associação à teoria dinâmica do calor, ou seja, a energia está associada aos movimentos microscópicos da matéria, por exemplo, rotação,

translação e vibração dos constituintes básicos.

É nessa categoria que se encontra a clássica definição de energia, comumente encontrada nos livros didáticos do Ensino Médio e Superior e em vários trabalhos científicos, que de maneira reducionista e contraditória (ARIAS, 2002) definem a energia como “capacidade de realizar trabalho”. Desta forma, tal visão tem grande abrangência em contexto científico.

Em relação a primeira dessas visões, Bañas, Mellado e Ruiz (2004) apontam que os estudantes tendem a reconhecer energia quando encontram palavras relacionadas ao movimento, tal quais: vento, velocidade, exercícios, deslocamento e esforço físico. Numa visão antropocêntrica (WATTS, 1983) ou de atividade (DRIVER et al., 1994), os estudantes entendem que só existe energia em seres vivos e/ou animados.

As categorias “energia como atividade óbvia” (WATTS, 1983) e “energia como movimento/ação” (PACCA e HENRIQUE, 2004), que defendem a visão de energia como atividade explícita relacionada ao movimento também corroboram com essa visão. Ainda, Driver e colaboradores (1994) apontam que a constante confusão entre os conceitos de energia, força e trabalho, originárias da controvérsia da *vis-viva* (ILTIS, 1971; SMITH, 2006) está associada a esse modo de pensar a energia.

5.2.5 A Visão Científica da Energia

A visão da energia cientificamente aceita está intimamente relacionada com os conceitos de conservação e degradação da energia. Em poucas palavras, no contexto da ciência atual, a energia é vista como uma grandeza pouco entendida, mas que se conserva durante todos os processos do mundo natural, e que pode ter quantidades calculadas mediante modelos matemáticos descritos na literatura científica (FEYNMAN, 2001, 2008). Mas nem toda essa energia que permanece associada ao sistema de estudo é utilizada de forma útil. Por exemplo, ao queimar a lenha de um fogão, parte da energia produzida é usada para aquecer o alimento ou água, e outra parte se dissipa em uma forma que não será mais utilizável. O aquecimento promove transformações químicas (cozimento do alimento) ou físicas (aquecimento e/ou vaporização da água), mas ao sistema esfriar, parte dessa energia também se dissipa.

Podemos, atualmente, entender que essa energia se conserva quando a conservação e a degradação da energia são observadas nos sistemas de estudo, ou, nas formulações da física moderna, incluindo a mecânica quântica e a relatividade, considerando a conversão de matéria e energia, a partir da ideia de energia de repouso.

Podemos afirmar que quando um tipo de energia “desaparece” de um sistema, outros tipos aparecem em igual quantidade em outros sistemas. Ao analisar considerando as transformações ocorridas na matéria, estamos em uma situação de causa/transformação. Já numa análise em termos da própria energia, podemos identificar aspectos da energia que se conserva ou se dissipa.

5.2.6 A Visão Pseudocientífica da Energia

Como um ontoconceito, a energia apresenta uma vertente metafísica, ou de maneira mais ampla, uma visão pseudocientífica do conceito.

A pseudociência utiliza a linguagem científica em referência a fenômenos que são de ordem paranormal, sobrenatural, mística e religiosa, fazendo com que, nesse novo contexto, os termos adquiram um novo significado, diferente do original. Nesse caso, energia, que é uma palavra desenvolvida e consolidada no âmago das teorias científicas modernas, adquire características diferentes, assumindo um compromisso esotérico (ARIAS, 2005; SANTOS e QUADROS, 2007).

Desta forma, ao entender a energia nesta visão, estamos utilizando num contexto que designa uma associação do conceito a qualidades dificilmente mensuráveis e/ou de existência não-científica, ou pseudocientífica, como por exemplo, energia cósmica, energia piramidal, energia dos cristais e quaisquer relações (interpessoais ou paranormais) que envolvam o dualismo bem/mal.

No desenvolvimento histórico do conceito e na literatura sobre concepções informais, podemos reconhecer essa visão quando se utilizam termos como energia piramidal, energia cósmica e energia positiva ou negativa. O conceito de energia aparece associado a quantidades não mensuráveis, ou seja, distante da concepção aceita pela comunidade científica para o conceito.

Portanto, no quadro 18, apresentamos uma primeira matriz de modos de pensar e formas de falar o conceito de energia, que será utilizada como base para análise dos dados empíricos.

Quadro 18: Primeira Matriz de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia

Modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia	Categorias	Identificadores
Energia associada a transformação	Mecanismo Causal	Energia é um agente causal, que permite realizar algumas ações, mudanças ou transformações no ambiente.
	Funcional/Utilitarista	As pessoas veem a energia como uma entidade, associada a aparelhos, meios de transporte e aplicações que garantam a melhoria na qualidade de vida.
	Processos Vitais	Energia responsável pela criação e/ou manutenção da vida.
Natureza e origem da energia	Classificação	Formas de falar associadas à fonte de origem da energia.
	Quantificação	Formas de falar associadas ao processo de geração e utilização da energia.
Energia como algo material	Algo que é transportado, armazenado e consumido	Energia como algo que tem o poder de fluir de um corpo, ou sistema, para outro, que geralmente está armazenado e latente, e que se manifesta apenas após um mecanismo de disparo adequado.
	Combustível	Os combustíveis são associados à energia propriamente dita, e não à fonte de energia.
Energia como Movimento	Movimentos macroscópicos	Energia como propriedade dos corpos e relacionada aos

		movimentos.
	Movimentos microscópicos	Energia como produto do movimento das partículas microscópicas que compõem o sistema.
Visão Científica da Energia	-	Energia é uma quantidade que pode ser calculada matematicamente, de natureza pouco entendida, mas que se conserva durante todos os processos.
Visão Pseudocientífica da Energia	-	Energia associada a qualidades dificilmente mensuráveis e/ou de existência não-científica

Fonte: Própria

Identificamos uma significativa quantidade de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia, que possuem significado em contextos distintos. Assim, podemos propor, uma ideia inicial das zonas do perfil conceitual de energia.

Ao realizar o jogo dialógico entre os dados advindos da análise das fontes históricas e tratamentos epistemológico do conceito de energia, da análise da literatura sobre concepções alternativas relativas ao conceito de energia dos dados dos questionários e da análise das interações discursivas a partir dos episódios selecionados do debate que finalizou nossa intervenção didática sobre o conceito de energia, apresentamos o primeiro esboço das zonas que compõem o perfil conceitual de energia.

A diferenciação das zonas foi realizada a partir dos modos de pensar o conceito, que encontram valor pragmático em determinados contextos:

A) **Energia Esotérica:** Energia é entendida numa dimensão esotérica, relacionada a fenômenos não-científicos, tais como relações interpessoais, dualismo bem/mal e energia cósmica proveniente de objetos energizados.

B) **Energia Funcional/Utilitarista:** Energia entendida como algo que existe para que

seja utilizada e possa garantir melhorias na qualidade de vida dos homens, tais como: iluminação noturna, transporte, tecnologias da informação e comunicação, saúde e entretenimento, mas sem nenhuma preocupação em explicar sua natureza.

- C) **Energia como Agente Causal das Transformações:** Energia entendida como um agente causal, responsável pela ativação de processos físicos, químicos e bioquímicos, sendo essencial para a ocorrência de todos os fenômenos do universo, incluindo a vida, mas que não é efetivamente material
- D) **Energia como Movimento/Atividade Óbvia:** Energia é algo capaz de gerar movimento, ou algo que existe em movimento, pensando em movimentos macroscópicos clássicos.
- E) **Energia como Algo Material:** Energia entendida como algo que é material, que pode ser armazenada, produzida ou consumida durante um processo químico, físico ou bioquímicos, que pode ser entendida como a própria materialização da fonte ou contida em sua fonte, devendo ser acessada para ser utilizada.
- F) **Energia em uma Visão Científica:** Energia entendida a partir dos movimentos microscópicos da matéria, que não tem sua natureza esclarecida, mas que pode ser calculada a partir de modelos matemáticos específicos. Ainda, é algo que se conserva, mesmo que se torne inútil para tal finalidade devido a degradação.

Os dados considerados para a construção da matriz de modos de pensar e formas de falar o conceito de energia são fundamentais para a proposição do perfil conceitual, pois trazem a possibilidade de identificar concepções que emergem principalmente no domínio microgenético, mas também aspectos dos domínios ontogenético e sociocultural. No próximo capítulo apresentamos a análise dos dados de sala de aula, que possibilitam a proposição das zonas do perfil conceitual de energia nos contextos do ensino da física e da química.

CAPÍTULO 6

Uma proposta para o perfil conceitual de energia

Nesse capítulo, vamos apresentar as análises dos dados obtidos na sala de aula, a partir dos questionários e das discussões durante o debate, com estudantes da licenciatura em Física e Química, e estudantes do Ensino Médio. Esses dados são importantes para aprofundar na análise principalmente dos domínios ontogenético e microgenético.

Os dados serão analisados a partir da proposta de zonas para o perfil conceitual de energia no contexto do ensino da Física e da Química, mas isso não determina a pré-existência das zonas em momento anterior a análise, pois, como já mencionado nesse trabalho, as diversas fontes de dados dialogam para a proposição das zonas de um perfil conceitual (COUTINHO, 2005). Inicialmente apresentamos a análise dos questionários, verificando os modos de pensar que aparentemente emergem nas situações colocadas no questionário. Em seguida, discutimos os dados obtidos na sala de aula, durante as discussões que se estabeleceram no debate sobre a situações-problema.

Então, a partir dos resultados da análise dos dados de sala de aula e da matriz de modos de pensar e formas de falar, buscamos identificar zonas do perfil conceitual para o conceito de energia, considerando os diferentes modos de pensar que circulam em contextos de ensino da Física e da Química, objetivo principal da tese e que é apresentado ao final desse capítulo.

6.1 Análise dos Questionários

Responderam ao questionário sete licenciandos em física, nove licenciandos em química e vinte três estudantes do Ensino Médio, num total de trinta e nove questionários, número que consideramos suficiente para identificarmos a heterogeneidade de modos de pensar o conceito de energia na formação inicial de professores de ciências e no contexto de formação do Ensino Médio (SEPÚLVEDA, 2010). Para as turmas das licenciaturas, destacamos o pequeno número de estudantes matriculados nas disciplinas em que a intervenção didática foi aplicada, possivelmente devido as disciplinas serem disponibilizadas na metade dos cursos,

que possuem um alto índice de desistência e retenção, em geral ainda no ciclo básico, devido a disciplinas como física geral, química geral e cálculo diferencial e integral. No entanto, o efeito do baixo número de estudantes não prejudicou os dados considerados para a análise nesse trabalho, uma vez que os poucos estudantes foram bastante participativos na intervenção didática.

O questionário foi respondido por cada estudante individualmente, com tempo médio para resposta de 30 minutos. De forma geral os questionários trouxeram muitas respostas associadas a modos de pensar o conceito de energia, que foram significativas para a proposição do perfil conceitual para o conceito de energia, como era esperado pela experiência descrita por Coutinho (2005).

Como informado na metodologia do trabalho, a segunda questão, que buscava reconhecer contextos em que a palavra energia adquire significados distintos apresentou, em geral, respostas associadas apenas ao reconhecimento do contexto e foi utilizada pensando em uma eventual reformulação das situações-problema elaboradas, não sendo analisada com o viés de proposição do perfil.

6.1.1 Licenciatura em Química

O questionário foi entregue na turma de licenciandos, que durante todo o tempo de resolução permaneceram em silêncio, em aparente concentração. Após os trinta minutos, todos os participantes entregaram as folhas respondidas. A análise foi feita para cada questão em separado e é apresentada a seguir.

A) Primeira Questão - O que você entende por energia?

No quadro 20 apresentamos as respostas dos licenciandos em química para primeira questão. As respostas foram colocadas exatamente como estavam na folha de respostas:

Quadro 19: Respostas da primeira questão – Licenciatura em Química

Estudante	Respostas
LQ1	“É uma força que você pode impulsionar e desprender em algum movimento físico ”.

LQ2	“Compreendo como energia algo em movimento, que gera uma força elétrica, mecânica ou cinética . Exemplo: movimentação de uma turbina pela força de ventos ou da água , onde teremos uma modificação da energia cinética para... elétrica ”.
LQ3	A energia é fundamental em todas as etapas da vida... toda força que você faz precisa de energia ”.
LQ4	“De forma geral, energia é fonte luminosa ”.
LQ5	“Compreendo como sendo energia uma força X liberada ou utilizada quando trabalho é realizado ”.
LQ6	“Fonte necessária para sobreviver ”.
LQ7	“A energia pode ser entendida como um motor que viabiliza, impulsiona alguma coisa . Para quebrar ou formar ligações químicas é necessária energia”.
LQ8	“Energia é algo relacionado com força, movimento ”.
LQ9	“Não sou capaz de definir”.

Fonte: Própria

De acordo com o Quadro 19, nas respostas dos licenciandos de Química, apenas um participante (LQ9) afirmou não saber definir energia. Outros estudantes (LQ1, LQ2, LQ5 e LQ8) apresentaram uma concepção de energia como conceito intimamente relacionado ao **movimento/atividade óbvia** (WATTS, 1983; DRIVER et al., 1994).

Destacamos a associação entre os conceitos de energia e força em todas as respostas, dentre as quais, ao menos em três (LQ1, LQ5 e LQ8), os dois são tratados como sinônimos. Um estudante associa energia à geração de uma força (LQ2). A confusão entre os conceitos de energia e força, hoje bem diferenciados na Física, tem origem histórica e está associada ao que alguns autores chamam de controvérsia da *vis-viva* (ILIS, 1971; SMITH, 2006; ORNELLAS, 2006).

Algumas formas de falar (LQ3, LQ4, LQ6 e LQ7) se organizam em torno de ideias sobre a associação entre energia e as transformações da matéria, algumas delas (LQ3 e LQ7) associadas a um modo de pensar a energia que é **funcional/utilitarista** (WATTS, 1983), ou seja, que entende a energia como algo que existe para nos servir. Outras são vitalistas (LQ3 e LQ6), ou seja, relacionadas com a criação e/ou manutenção da vida. Essa visão da energia como transformação da matéria é centrada nas mudanças que podem ocorrer com os objetos e com os seres vivos, compreendendo a energia como algo que está disponível para **realizar transformações, ou seja, um agente causal de processos** e que se aproxima da

visão aristotélica de energia, porém em um contexto relacionado a ciência moderna.

Também destacamos a associação entre energia e fenômenos estudados na química, feita por apenas um dos estudantes, LQ7, que menciona a energia envolvida no processo de ligação química entre os átomos.

Desta forma, observamos nas respostas dos licenciandos em química a predominância de concepções que relacionam energia ao **movimento/atividade óbvia**, numa associação ao conceito de forma, e como **agente causal das transformações**.

B) Terceira Questão – O que você entende por: (a) Conservação de energia; (b) Degradação da energia.

De maneira geral, os estudantes de química associaram a ideia de conservação de energia às transformações que ocorrem em relação ao tipo de processo ou origem. Um estudante (LQ1) relacionou conservação ao armazenamento de energia, enquanto que a degradação foi associada à utilização, principalmente, à má utilização da energia. Dois estudantes não responderam essa questão. O quadro 20 mostra algumas respostas dos alunos. As respostas não apresentadas no quadro são aquelas repetidas ou pouco significativas em relação à pergunta.

Quadro 20: Respostas da terceira questão – Licenciatura em Química

Estudante	Resposta	
	Conservação de Energia	Degradação da Energia
LQ1	“ Armazenar energia para ser utilizada ”	“Energia que é desperdiçada ou mal utilizada”
LQ2	“É a mudança de uma forma energética para outra , como por exemplo a modificação de energia cinética para energia potencial”	“Degradação de energia seria a dissipação do material energético ”
LQ3	“A energia sempre é conservada, pode mudar de forma , mas é conservada”	“Não sei”
LQ7	“Em todos os processos , a	“A energia é totalmente

	energia não será perdida, e sim conservada”.	consumida por algum processo”
--	---	--------------------------------------

Fonte: Própria

Destacamos, para essa questão, a emergência da visão de energia como algo que tem uma existência concreta ou quase concreta (WATTS, 1983; PACCA e HENRIQUE, 2004) e que pode ser armazenado, ou seja, **algo material** (LQ2), o que aparece também no enunciado “degradação de energia seria a dissipação do material energético” de LQ2. LQ1 fala em armazenamento de energia, mas não existe uma emergência clara da visão de energia como algo material, mesmo o referido estudante considerando a energia como algo que pode ser armazenado, pois não é evidente que o que é armazenado seja material ou quase material. Porém, na resposta de LQ1 percebemos um direcionamento para o entendimento de energia como algo **funcional/utilitarista**.

A classificação da energia em diferentes tipos é recorrente quando se pensa na **conservação de energia**, uma vez que a conservação é reconhecida mediante processos de transformação de um tipo de energia em outro (que é reconhecida por muitos, mas que parece não ser universal), quando observamos que parte dos estudantes parece não considerar a conservação quando falam em degradação da energia (LQ1, LQ2 e LQ7). Essas respostas são muito parecidas com o sugerido por Solbes e Tarín (2008) e por Arias (2005), quando mostram o problema em compreender a conservação de energia em situações em que existe degradação.

C) Quarta Questão – O que você pode falar sobre o conceito de energia? Como ele é abordado nas diferentes disciplinas escolares? Em que ele é importante para a ciência e para o mundo em que vivemos?

Essa questão busca retomar o levantamento de ideias sobre o conceito de energia, mas de maneira mais dirigida, com questões sobre o conhecimento científico, científico escolar e mais geral, que se complementam no enunciado.

Talvez pelo caráter menos aberto ou por influência dos contextos apresentados na segunda questão, as respostas foram mais diversificadas com relação aos significados associados ao contexto de energia. O quadro 21 apresenta algumas respostas:

Quadro 21: Respostas da quarta questão – Licenciatura em Química

Estudante	Resposta
LQ1	“A energia nos ajuda quimicamente, fisicamente... na conservação dos alimentos ”
LQ2	“O conceito de energia seria uma força em movimento , que é abordado de várias formas diferentes e com vários significados”
LQ3	“Todas as forças físicas e todos os processos biológicos ocorrem pela transferência de energias . Basicamente, é o principal conceito”
LQ4	“Basicamente, é a matéria em transito , ou a medida de uma força! ”
LQ5	“Definir energia é complicado demais. Porém, existem diversas definições, científicas e/ou alternativas. Cada disciplina aborda de sua maneira, e não existe um padrão na definição, gerando mais uma confusão conceitual de que uma definição”
LQ6	“A maneira como será abordado dependerá muito do contexto. Você pode relacionar energia com fontes de vitaminas para a vida quando associada a alimentos, ao estado do espírito quando relacionado com a Alma. ”
LQ8	“A energia pode ser abordada na física, na parte elétrica, mecânica , onde neste último pode ser gravitacional, potencial, depende da situação a ser analisada. Na química, aborda-se a energia das ligações, das transformações, entalpia e entropia”.
LQ9	Não respondeu.

Fonte: Própria

O objetivo dessa questão é relacionar o conceito de energia a dois contextos, a saber: o do conhecimento científico e o de utilização e/ou aplicação desse conceito em situações escolares e cotidianas. Encontramos uma amplitude maior de formas de falar sobre o conceito de energia que na primeira questão. Algumas falas dos licenciandos estão relacionadas a uma visão **funcional/utilitarista de energia**, entendendo a conservação dos alimentos associado a energia a partir do armazenamento dos alimentos em refrigeradores (LQ1). Outras ideias estão relacionadas a **movimento/atividade óbvia** (LQ2, LQ4), evidente pela relação com o conceito de força e pela presença da palavra movimento associada ao conceito de energia, agente **causal das transformações** (LQ3), justificando os processos

biológicos como dependentes da transferência de energia, **questões da vida** e visão **esotérica e/ou espiritual** (LQ6), identificado a partir da relação da energia com as fontes de vitaminas que, segundo o estudante, garante a vida e na apresentação da energia como estado de espírito e a alma, respectivamente.. Destacamos a recorrente forma de falar sobre a energia associada aos tipos de energia (LQ8).

Destacamos na resposta de LQ4 a utilização da expressão “matéria em trânsito”. Não podemos inferir se é um erro conceitual ao misturar os conceitos de matéria e energia ou se é um indicativo para um modo de pensar associada a uma dessas duas concepções: uma visão da energia associada ao calor, fazendo confusão entre “energia em trânsito” e “matéria em trânsito” ou uma visão moderna da **conservação de energia**, considerando a matéria como representação da energia de repouso.

Pudemos identificar nas respostas dos estudantes da licenciatura em química diversos modos de pensar o conceito de energia, relacionadas as seguintes possíveis zonas do perfil conceitual: funcional/utilitarista (questões 1, 3 e 4), movimento/atividade óbvia (questões 1 e 4), agente causal das transformações (questões 1 e 4), algo material (questão 3), energia como algo que se conserva (questão 3) e energia numa visão esotérica e/ou espiritual (questão 4). No entanto, verificamos uma predominância de uma linguagem mais de senso comum ao tratar o conceito, que mesmo apresentando alguns termos científicos nas respostas, os estudantes falam da energia mais no sentido funcional/utilitarista e em relação ao movimento, mas sem a preocupação em associar os conceitos.

5.3.2 Licenciatura em Física

A) Primeira Questão - O que você entende por energia?

O questionário foi entregue na turma de licenciandos, que realizaram poucos comentários em voz alta, estando concentrados em responder as questões na maior parte do tempo. Sete estudantes participaram dessa etapa da pesquisa, porém, um dos estudantes (LF7) entregou o questionário com 14 minutos, sem responder às questões. Assim, consideramos seis os sujeitos da pesquisa para os questionários da turma da licenciatura em Física. Após os trinta minutos, os demais participantes entregaram as respostas.

As respostas dos licenciandos em física à primeira questão estão apresentadas no quadro 22:

Quadro 22: Respostas da primeira questão – Licenciatura em Física

Estudante	Resposta
LF1	“Uma característica intrínseca do corpo , já que os átomos possuem energia e uma energia de repouso ”.
LF2	“Energia é um conceito criado a fim de explicar determinados fenômenos e, no caso mais geral, ela dá vida a todas as coisas ”.
LF3	“Em termodinâmica, energia está relacionada a calor , é uma propriedade do corpo e varia com a temperatura. Ela se conserva ”.
LF4	“O conceito de energia está relacionado à capacidade de um corpo ou substância realizar trabalho . Como esse conceito é muito amplo, a comunidade científica resolveu definir algumas formas de energia para facilitar o entendimento, tais como: energia cinética, calor etc.”
LF5	“A energia está associada ao movimento de um objeto , de um corpo, ao longo de um período de tempo ou deslocamento”
LF6	“ Propriedade relacionada a dinâmica dos corpos ”

Fonte: Própria

Assim como na licenciatura em química, a visão de energia associada ao **movimento/atividade óbvia** foi mais presente na resposta da questão para a turma de licenciatura em física (LF4, LF5 e LF6). No entanto, as respostas foram mais complexas e trazem vários aspectos associados a visão de energia. LF4 utiliza a definição tradicional de energia, mas associada a ideias de classificação em tipos de processos e origem, enquanto que LF5 acrescenta a ideia desse movimento depender também do tempo e do deslocamento do objeto.

Duas respostas (LF1 e LF3) buscam com maior atenção a utilização de uma linguagem científica para definir o conceito, utilizando termos específicos de comunicação dessa comunidade. Ambas apresentam ideias referentes a **conservação de energia**. LF1 aponta a energia como uma característica intrínseca do corpo, partindo para uma ideia microscópica da composição desses corpos, fazendo emergir a ideia de energia de um átomo e da energia de repouso de um átomo. Já LF3 associa a ideia de energia ao campo da termodinâmica, especificamente ao calor, e reconhece o princípio da conservação.

A outra resposta (LF2) apresenta uma visão vitalista da energia, que associamos a ideia de **agente causal das transformações**, entendendo que a

energia participa dos processos biológicos que garantem a vida aos diversos organismos da biota terrestre.

Apenas LF3 relacionou os conceitos de energia ao calor, numa visão mais associada à teoria dinâmica do calor, visto como propriedade, do que relacionada a energia vista como uma substância contida nos corpos, associada a teoria do calórico.

A resposta apresentada por LF4 apresenta duas diferentes formas de entender o conceito de energia: a partir do **movimento/atividade óbvia**, citando a clássica definição “capacidade de realizar trabalho”, e também uma visão em termos da classificação em diferentes tipos de energia, relacionada às **transformações causadas pela energia nos corpos**. Esse tipo de construção já foi discutido na literatura, trabalhando com o perfil conceitual de calor (ARAÚJO, 2014; DINIZ-JR., SILVA e AMARAL, 2015).

Por fim, percebemos uma característica restritiva nas respostas apresentadas por LF3 e LF6, associadas unicamente a questões da termodinâmica e mecânica. Essa forma de falar sobre a energia pode ser resultado da visão fragmentada na qual o conceito é apresentado em situações de ensino.

B) Terceira Questão – O que você entende por: (a) Conservação de energia; (b) Degradação da energia.

Aparentemente o princípio da **conservação de energia** é mais consolidado entre os estudantes de física, em uma **visão científica e atual do conceito de energia**. Com relação a degradação da energia, dois estudantes inqueridos negam a existência da ideia, enquanto que um estudante associa a degradação ao mau uso da energia. O quadro 23 apresenta as respostas:

Quadro 23: Respostas da terceira questão – Licenciatura em Física

Estudante	Resposta	
	Conservação de Energia	Degradação da Energia
LF1	“Energia inicial é igual a final, nunca é destruída, sempre se transforma em todo o universo”.	“Não existe, pois é conservada”
LF2	“A mesma energia que entra no	“Há uma perda sistemática de

	sistema é a mesma que sai, e não se perde, tampouco se ganha ".	Energia de energia comparando o estado inicial e final ".
LF3	"Quando a soma da energia cinética e potencial de um sistema ou de uma partícula é zero ".	"Degradar significa destruir... E eu aprendi que a energia não pode ser criada ou destruída ".
LF4	"Está relacionada ao fato de que a energia é apenas transformada e não pode ser destruída, como por exemplo no caso de um chuveiro elétrico . A energia elétrica (corrente) é transformada em calor pelo resistor do chuveiro".	"Está relacionada ao fato de que a energia de algum objeto ou substância está decaindo. No caso está existindo perdas, a energia do sistema está se transformando em algo indesejável ".
LF5	"Conservar mantém a quantidade de energia do início ao fim do processo , podendo ou não se transformar em uma outra"	"Alterar a energia que temos inicialmente"
LF6	"A energia é sempre passada de um processo para o outro, dessa forma, poderíamos dizer que é sempre a mesma energia ".	"Parece algo como a má utilização da energia , que conseguimos produzir".

Fonte: Própria

De maneira geral, as respostas apontam para uma boa aceitação dos estudantes do princípio da conservação de energia, mas algumas visões sobre a dissipação ou degradação parecem não estar muito clara para os licenciandos em Física: muitos afirmam a não existência de um dos dois processos: conservação ou degradação da energia.

As respostas de LF2 e LF5 podem ser internamente contraditórias, pois afirmam que a energia se conserva e, posteriormente, afirmam que existem perdas de energia associada ao processo. No entanto, entendo que existem processos em que não se produz a energia degradada, ou seja, todas as formas de energia que são associadas ao estado final podem ser utilizadas em outros processos associados. A ideia de

conservação é bem aceita pelos dois estudantes, mas a compreensão sobre a degradação como a possibilidade de a energia adquirir uma forma que não pode ser utilizada nos processos físicos e químicos não parece bem esclarecida.

Com relação a degradação da energia, LF3 parece não entender a distinção entre degradar e destruir – a energia pode ser transformada em outra forma não útil a processos de transformação, mas sem deixar de existir. Ao falar sobre conservação, percebemos uma associação à ideia de conservação da energia mecânica, visão destacada por Bañas, Mellado e Ruiz (2004).

Já LF4 parece entender que a degradação da energia está relacionada com a produção de formas de energia que não são mais úteis para que ocorram processos e transformações, mas a forma que ele fala, citando algo indesejável, não deixa claro se faz referência a energia degradada. No entanto, o próprio exemplo utilizado pelo estudante, o chuveiro elétrico, não apresenta, a partir da visão de que a energia elétrica é utilizada para o aquecimento da água, indícios de degradação. Parece que os estudantes não estão instruídos para refletir sobre a degradação da energia.

Por fim, destacamos a visão de degradação como má gerência da energia, identificada na expressão “má utilização da energia”, na resposta de LF6. Essa visão apresenta indícios de uma visão da energia como algo que é disponível para realizar processos e pode se esgotar. Assim, a degradação da energia levaria a uma situação na qual não exista mais energia.

C) Quarta Questão – O que você pode falar sobre o conceito de energia? Como ele é abordado nas diferentes disciplinas escolares? Em que ele é importante para a ciência e para o mundo em que vivemos?

Nas respostas desta questão pela turma de licenciandos em física faz com que formas de falar que associam energia ao **movimento/atividade óbvia** sejam novamente majoritárias. Uma resposta foi fornecida em termos da **conservação**. O quadro 24 apresenta algumas das respostas. As respostas não apresentadas estão concentradas em criticar o ensino de energia no Ensino Médio, mas sem justificativas que possam apresentar modos de pensar o conceito e, por isso, não estão listadas no quadro a seguir:

Quadro 24: Respostas da quarta questão – Licenciatura em Física

Estudante	Resposta
LF1	“A definição de energia não é trabalhada, somente a aplicação matemática em diversas situações. É importante, principalmente, o conceito de conservação, que com a descoberta da energia de repouso, abriu portas para vários estudos ”.
LF5	“O conceito de energia está associado a tudo que realizamos , em qualquer disciplina escolar, ela é ligada ao movimento... dos objetos ”.
LF6	“Energia está ligada ao movimento de partículas, forças, colisões, atrito. Pode-se dizer que está relacionada a dinâmica das partículas ”.

Fonte: Própria

As respostas de LF1 e LF6 estão associadas a visões mais científicas do conceito de energia. O primeiro destaca o pouco interesse em definir claramente o conceito de energia, buscando trabalhar com quantidades associadas a modelos matemáticos, o que é característico da energia (FEYNMAN, 2001) e destaca a energia como um ontoconceito, utilizado pelos cientistas, mas com pouca preocupação em definições. Já LF6 apresenta uma forma de falar que remete a visão de energia como movimento microscópico, sendo resultado da dinâmica das partículas que constituem a matéria, associada a visão teoria dinâmica do calor.

O inquerido LF5 associa o conceito de energia, nessa resposta, a ideias **funcional/utilitarista** e/ou **agente causal das transformações**, quando afirma que o conceito está associado a “tudo que realizamos”, mas também a visão da energia associada ao **movimento/atividade óbvia**, fazendo emergir dois modos de pensar o conceito em sua fala.

Nas respostas dos licenciandos em Física para o questionário, podemos inferir a emergência de modo de pensar energia associadas a visão da energia como movimento/atividade óbvia (questões 1 e 4), agente causal das transformações (questões 1 e 4), visão da energia funcional/utilitarista (apenas na questão 4) e visão da energia como quantidade que se conserva, que aparece em todas as questões. Percebemos também uma maior utilização da linguagem científica, quando comparados com os estudantes da licenciatura em Química, o que pode dar indícios

de uma maior preocupação com o vocabulário científico e clareza nas definições dos conceitos.

6.1.3 Estudantes do Ensino Médio

A) Primeira Questão - O que você entende por energia?

Mais uma vez a visão de energia associada ao **movimento/atividade óbvia** é a que emerge com mais frequência nas respostas dos estudantes. O quadro 25 apresenta as respostas dos estudantes. As respostas que não foram apresentadas foram desconsideradas pois não relacionam nenhuma forma de falar sobre o conceito em tela, sendo vagas ou portadoras de erros conceituais (“energia é uma coisa aí”).

Quadro 25: Respostas da primeira questão – Ensino Médio

Estudante	Resposta
EM2	“Energia é uma forma de força , de gerar movimento pra várias coisas”.
EM3	“Energia é a fonte de quase todo o funcionamento das coisas”.
EM4	“Energia é tudo aquilo que nos dá movimento e que nos faz movimentar ”.
EM5	“É tudo aquilo que está presente no universo e sem ela nada existiria . Ela nunca se esgotará e passa por diversas transformações em tipos de energia ”.
EM6	“Algo capaz de realizar trabalho, algum movimento ”.
EM7	“Energia é algo que temos, podemos produzir e consumir e transformar ”.
EM8	“Dependendo do tipo de energia, é algo que podemos gerar luz, som, movimento ”
EM9	“Energia elétrica, energia do corpo humano”.
EM10	“É a fonte que nos utilizamos para ter luz, por exemplo”.
EM12	“Compreendo que Energia nos ajuda no dia a dia, nossa tecnologia, não vivemos sem energia ”.
EM13	“Pode-se dizer que existem vários tipos de energia: solar, elétrica,

	eólica, onde todas essas e demais são usadas para dar movimento ".
EM14	"Tem vários tipos de energia e temos disposição, gasto físico".
EM15	"Energia é tudo aquilo que se movimenta ".
EM16	"Energia tem vários tipos: espiritual , física, elétrica, etc.".
EM17	"Energia é tudo aquilo que ajuda a ter uma vida melhor ".
EM18	"É uma onda eletromagnética, que através dela temos luz e aparelhos elétricos ".
EM19	"Para mim energia é força, pois é através dela que... tudo se movimenta ".
EM20	" Energia não se cria, só se transforma ".
EM21	"Aquilo que é capaz de mover coisas ".
EM22	"Energia é uma força que movimenta todas as coisas ".
EM23	"Energia é uma força que precisamos para viver, sem ela, viveríamos sem força ".

Fonte: Própria

Observamos o aparecimento de diversas formas de falar sobre o conceito de energia nas respostas, a saber: energia como **movimento/atividade óbvia** (EM2, EM4, EM6, EM8, EM13, EM15, EM19, EM21, EM22), concepção **funcional/utilitarista** da energia (EM3, EM8, EM10, EM12, EM17, EM18), visão da energia em termos da **conservação** (EM5, EM18, EM20), energia associada a **agente causal de transformação** (EM7, EM10), algumas dessas apresentando proposta de classificação em tipos de energia (EM9, EM13, EM16) e outras associando a origem ou manutenção da vida (EM14, EM23) e uma resposta associando energia a seu entendimento em um contexto pseudocientífico, que cita a existência de uma **energia espiritual** (EM16).

A confusão entre os conceitos de energia e força tem destaque em quatro respostas (EM2, EM19, EM 22 e EM23), assumindo características de força vital na resposta de EM23.

Novamente chamamos a atenção para formas de falar diferentes que emergem na mesma resposta, que observamos em EM8, EM13, EM16 e EM18, existindo hibridismo (ARAÚJO, 2014; DINIZ-JR., SILVA e AMARAL, 2015). Acreditamos que tal construção não seja tão convencional nas respostas apresentadas devido as próprias características do questionário e da ambientação em sala de aula, o que faz com que

os estudantes busquem respostas que consideram corretas, buscando obter sucesso nas avaliações.

B) Terceira Questão – O que você entende por: (a) Conservação de energia; (b) Degradação da energia.

Existe um padrão para praticamente todas as respostas para a turma do Ensino Médio sobre conservação e degradação de energia: a conservação é vista como a preservação da energia, como um bem não-renovável, e que pode faltar no futuro e a degradação é entendida como a utilização de maneira não racional ou equivocada da energia, que pode contribuir com o esgotamento total da energia.

A grande maioria das respostas tem uma forte associação com uma forma de falar **funcional/utilitarista**, pois a energia é vista como algo que existe para garantir mais qualidade de vida para os seres humanos. O quadro 26 apresenta algumas das respostas:

Quadro 26: Respostas da terceira questão – Ensino Médio

Estudante	Resposta	
	Conservação de Energia	Degradação da Energia
EM1	“É algo do tipo... vamos guardar a energia para mais tarde . Não vamos usá-la tanto, mas só o necessário”.	“Como se a energia estivesse acabando ”.
EM2	“ Cuidar da energia, sem desperdício ”.	“O mau uso da energia”.
EM3	“Uma forma de economizar energia ”.	“ Gasto de energia ”.
EM18	“ Guardar energia, de todos os tipos, em geradores ou algo assim”.	“O desperdício da energia, mas não a perda . Pois nada se perde, tudo se transforma”.

Fonte: Própria

Arias (2005) destacam a influência da mídia na consolidação desse tipo de construção. É comum se falar em “crise energética” e “esgotamento das fontes de

energia”, mas sem associar a ideia de energia degradada.

Destacamos a resposta de EM18, a única divergente. A conservação de energia é entendida por esse estudante num sentido de armazenamento, coerente com os modelos apresentados por Watts (1983), Driver e colaboradores (1994) e Pacca e Henrique (2004). Ainda, destaca que existem vários tipos de energia e, na resposta relativa a degradação da energia, fala no princípio da conservação, em uma concepção de “mantra” (BAÑAZ, MELLADO e RUIZ, 2004), mas que está associada a **visão moderna da energia como quantidade calculável e que se conserva**.

C) Quarta Questão – O que você pode falar sobre o conceito de energia? Como ele é abordado nas diferentes disciplinas escolares? Em que ele é importante para a ciência e para o mundo em que vivemos?

Nas respostas apresentadas pelos estudantes do Ensino Médio para essa questão, a forma de pensar o conceito de energia em um viés **funcional/utilitarista** aparece mais que outras formas de falar sobre o conceito, até mesmo que a visão da energia como **movimento/atividade óbvia**. Algumas respostas dadas pelos estudantes são apresentadas no quadro 27. Novamente, algumas respostas foram desconsideradas por não estarem relacionadas a nenhum modo de pensar o conceito de energia. Outras não são apresentadas por serem deveras semelhante a algumas das apresentadas.

Quadro 27: Respostas da quarta questão – Ensino Médio

Estudante	Resposta
EM1	Há vários tipos de energia, como a energia solar, elétrica, cinética...”
EM4	“Energia é tudo aquilo que se movimenta ou dá movimento aos objetos , pessoas, seres vivos em geral. Sem a energia nada consegue fluir direito”.
EM6	“Em física é relacionada a realização de trabalho... e em química aborda as substâncias que fornecem energia e suas transformações para desenvolver meios para melhorar a vida das pessoas ”.
EM16	“Energia é uma das coisas primordiais para a existência da vida e ela

	é abordada de diversas maneiras”
EM17	“Na escola falamos mais de energia no sentido real, como energia elétrica. Já em casa falamos no sentido figurativo: energia ruim ”.
EM22	“A energia é importante porque ela é utilizada em tudo que a gente faz ”.

Fonte: Própria

A diversidade de formas de falar foi significativa. As mais utilizadas nesta questão pelos estudantes do Ensino Médio foram: **funcional/utilitarista** (6 respostas, por exemplo, EM22), **agente causal das transformações**, com uma associação a manutenção da vida (EM16), **movimento/atividade óbvia** (4 respostas, por exemplo, EM4) e **energia no contexto da pseudociência** (1 resposta, EM17).

Destacamos a resposta do inquerido EM6, considerado uma construção híbrida, uma vez que aparecem ideias relacionadas a energia como **movimento/atividade óbvia, funcional/utilitarista e agente causal das transformações**.

Em relação a linguagem, os estudantes do Ensino Médio parecem falar sobre a energia utilizando construções mais simples, utilizando a linguagem de senso comum, sem buscar explicações e definições, estando mais próximos dos estudantes da licenciatura em Química do que dos estudantes da licenciatura em Física, em relação as respostas ao questionário.

A energia em uma visão funcional/utilitarista foi identificada nas três questões. Outras formas de pensar a energia também foram observadas na análise dos questionários para essa turma: energia como movimento/atividade óbvia (questões 1 e 4), energia como algo que se conserva (questões 1 e 3), energia como agente causal das transformações (questões 1 e 4) e energia numa visão mística (questões 1 e 4).

Os dados oriundos da análise do questionário parecem coerentes com a base construída a partir das fontes históricas secundárias e literatura sobre concepção alternativa. Nenhuma forma de falar não prevista pela experiência anterior do pesquisador foi incorporado repertório de formas de falar inicialmente pensado.

A visão da energia como movimento/atividade óbvia é identificada na primeira e na quarta questão em todas as turmas, com bastante ocorrência. As duas questões possuem um caráter bastante aberto, dessa forma, acreditamos que essa associação entre energia e movimento, muitas vezes feita a partir do conceito de força, é bastante

recorrente.

Para os estudantes do Ensino Médio e da licenciatura em Química identificamos uma grande tendência em buscar entender a energia associada a visão funcional/utilitarista, ou seja, entendendo que a energia é útil para realizar processos e transformações, mas sem nenhuma preocupação em explicar sua natureza. Essa visão é menos comum entre os alunos da licenciatura em física. A mesma observação pode ser realizada quanto a ocorrência de respostas associadas a uma visão mística e/ou espiritual e/ou esotérica: os licenciandos em física não recorrem a essa visão, enquanto que os estudantes do Ensino Médio e da licenciatura em Química apresentam esse modo de pensar emergindo em algumas respostas. Isso talvez explica a utilização mais recorrente da linguagem científica pelos estudantes de Física, enquanto que os estudantes de Química e os alunos do Ensino Médio permanecem utilizando menos termos científicos, em uma linguagem mais próxima do senso comum.

A visão de energia como algo material é identificada apenas entre os licenciandos em Química. Essa turma foi a única em que todas as seis categorias presentes na matriz de modos de pensar e formas de falar são identificadas nas respostas ao questionário.

6.2 Análise das Interações Discursivas no Debate

A intervenção didática elaborada tinha quatro momentos e em todos eles foram coletados dados escritos e gravados em áudio e vídeo. No entanto, decidimos analisar as interações discursivas em apenas um desses momentos, devido à maior possibilidade de emergência de modos de pensar a partir das formas de falar, uma vez que todos os estudantes participantes da intervenção estavam envolvidos na atividade simultaneamente.

As situações-problema foram entregues aos grupos no início do terceiro momento da intervenção, no qual o objetivo era a discussão e resolução das situações-problema, que foram retomadas no debate, atividade central do quarto momento, e fonte de parte dos dados provenientes da sala de aula, nessa pesquisa. Durante o debate, todas as situações-problema foram discutidas por todos os estudantes, na ordem em que foram apresentadas no material entregue no terceiro momento. A condução do debate ficou sob a responsabilidade do

professor/pesquisador, que adotou uma postura basicamente de escuta, deixando a interação ocorrer entre os alunos. Nas poucas vezes que realizamos intervenções, foi atuando como provocador do debate ou para chamar algum dos estudantes ou grupos para o diálogo.

O debate acerca das situações-problema foi transcrito na íntegra e organizado de maneira lógica e sequencial, respeitando, na íntegra, as falas dos participantes. A partir deste material, foram selecionados episódios, nos quais uma ou mais formas de falar sobre o conceito de energia emergem na discussão. Apresentaremos alguns dos resultados em relação ao debate, a partir dos direcionamentos de análise apresentados na metodologia desse trabalho.

Baseado na proposta de Marcuschi (1999), elaboramos uma legenda de sinais para compreender melhor as ações descritas em cada episódio e que é apresentado no quadro 28:

Quadro 28: Legenda dos sinais gráficos utilizados na transcrição dos episódios

Sinal	Significado
LQX.Y	Estudante da Licenciatura em Química do grupo X, número de ordenação Y, autor do enunciado listado no turno.
LFX	Estudante da Licenciatura em Física, número de ordenação X, autor do enunciado listado no turno, pois os alunos da licenciatura em Física não formaram grupos no momento do debate.
EMX.Y	Estudante do Segundo Ano do Ensino Médio, do grupo X, número de ordenação Y, autor do enunciado listado no turno.
EMX	Estudante do Segundo Ano do Ensino Médio, com número de ordenação desconhecido, pois não pôde ser identificado na transcrição.
...	Momento de pausa em busca de continuidade breve.
“texto”	Citação da voz de outro pelo enunciador.
Texto em Negrito	Trecho destacado para análise da emergência de modos de pensar e formas de falar o conceito de energia.

(inaudível)	Trecho inaudível no vídeo, por isso não transcrito.
[texto]	Acréscimo do autor para dar sentido a fala do estudante.
(palavra)	Correção de uma palavra utilizada de maneira equivocada, com erros de pronuncia ou que não existem.
(???)	Momento de pausa em busca de continuidade longa.
(gesto)	Quando um gesto, como por exemplo, aspas com as mãos é utilizado pelo estudante e colocado no texto da transcrição graficamente.
***	Palavra de baixo calão; Palavrão.

Fonte: Marcuschi (1999, adaptado).

Os episódios estão apresentados por turnos de fala para organizar as interações ocorridas em cada grupo de sujeitos. Nessa apresentação, criamos uma ordenação por turno, com informações sobre o sujeito e sua fala, conforme já descrito na metodologia.

6.2.1 Licenciatura em Química

Selecionamos quatro episódios do debate entre licenciandos em química, correspondentes às discussões da primeira, segunda, quarta e quinta situações-problema.

O debate aconteceu, para essa turma, de forma tranquila e propositiva, com muito respeito entre os turnos de fala. O grupo 1 (estudantes com número de ordenação iniciado em 1) era composto basicamente por estudantes bloqueados (ou seja, cursando todas as disciplinas obrigatórias para aquele período), enquanto que o grupo 2 era mais heterogêneo, com relação ao período que os estudantes estavam cursando. Os estudantes tiveram total abertura para fala, mas os estudantes LQ1.2 e LQ2.5 conduziram o debate, as vezes garantindo sucessivos minutos de fala.

O primeiro episódio selecionado do debate ocorrido na turma de licenciatura em química refere-se à discussão da primeira situação-problema: **A vida precisa de energia! Essa afirmação é facilmente comprovada pela necessidade que temos de comer para que nosso corpo funcione de maneira adequada. A partir de pesquisas relacionadas à fisiologia foi determinado o valor de 2000 Kcal diárias**

para o bom funcionamento do corpo humano. Se por acaso um amigo perguntasse o que deveria fazer para manter seu peso constante, qual seria sua recomendação: exercícios constantes, diminuição na ingestão de alimentos? Por que?

O episódio 1LQ é apresentado no quadro 29:

Quadro 29: Episódio 1LQ – Estímulo à força e Armazenamento de Energia no Corpo

SP	Primeira situação-problema (Licenciatura em Química) Contexto: Energia dos alimentos e atividades físicas
Turno	Fala
1	LQ1.2 É... nesse caso, a resolução que a gente deu foi a prática de exercícios físicos e o tipo de energia que a gente pu... que a gente conseguiu relacionar aí, foi...
2	LQ 1.4 Estímulo da força.
3	LQ 1.2 É... através da força, né? Já que ele vai praticar é... exercícios. Então, tem a cinética, tem a questão da força, tem a questão do... das próprias calorias , né? Que a energia é... que ele recebeu do alimento que vai ter força pra fazer aqueles estímulos. Foi isso que a gente pôde ver de energia nesse... nesse... nessa primeira situação-problema.
4	P. Grupo 2, agora.
5	LQ2.5 Bom, a gente teve... conforme o esperado, um raciocínio muito parecido aí, cerca de 90% do grupo aí, em questão. É... a gente começou falando nessa questão do problema do (<i>inaudível</i>) que ele fala, de questão de... da energia que vem dos alimentos e que essa energia, quando a genteingere, ela se converte em outro tipo de energia, que é a energia metabólica , né? Aí... dentro do conceito que a gente ia trabalhar pra poder resolver essa questão, tem a própria questão da termodinâmica e a parte da bioquímica, pra mostrar como é que esse processo de ganho e energia (???) de modo geral funciona. Aí a resolução seria, mais ou menos, como ela [LQ1.2] falou, essa questão de... compreender que a alimentação, ela tá baseada de acordo com a atividade física, né? Como o próprio texto diz, a questão de (<i>inaudível</i>) dos alimentos.
6	P. Hum... e então?
7	LQ2.5 Se você ingere pouco alimento, vai fazer o seu corpo funcionar de forma adequada. Se você ingere muito alimento, né? Muita energia, vai forçar que o seu corpo tenha que trabalhar mais pra poder digerir mais energia. Caso com esse trabalho (<i>inaudível</i>), essa energia iria se converter numa capa de

	gordura , se acumularia no tecido adiposo, né? Aí tem que ter fazendo mais exercício pra poder queimar agora não energia, mas a gordura . E... é... na questão do... (<i>inaudível</i>) o necessário para o bom funcionamento do corpo.
8	P. Mais alguém?
9	LQ2.2 Se você pega, é... incorpora o conceito de que energia do organismo não é armazenada apenas em gordura , mas também em polímeros de açúcares. Por exemplo, a principal fonte de energia que o corpo usa quando tá em atividade, por exemplo, quando eu faço exercício físico é... a glicose e também outros polímeros de açúcares como, por exemplo, glicogênio, principalmente, e essa é a principal fonte de energia, pode-se assim dizer, porque é uma energia, é... (<i>inaudível</i>) eles já mais rapidamente e a melhor forma de.. de produção de energia do organismo.
10	P. Mais alguém? Vocês, mais alguma coisa? Não? Então, podem ir para segunda situação.

Fonte: Própria

No turno 1, LQ1.2 reconhece o contexto da situação-problema, mas não consegue expressar quais ideias de energia aparecem na situação. Após a intervenção de LQ1.4, quando associa a ideia de energia ao "estímulo da força" (turno 2), é que completa sua ideia, assumindo que é com a energia que "ele recebeu do alimento que vai ter força para fazer aqueles estímulos", em referência ao exercício físico (turno 3). Essa forma de falar sobre a energia parece associada a um modo de pensar a energia como **agente causal das transformações**, ou seja, ela é essencial para que a atividade física possa ser realizada, possibilita a realização da atividade física. Identificamos a tentativa de utilizar termos da linguagem científica, como energia cinética e calorias, mas o discurso até esse turno é bastante intenso quanto a ideias do senso comum, associadas a um gênero primário do discurso (BAKTHIN, 2000; MACHADO, 2008). A associação entre energia e força feita por LQ1.4 e imediatamente aceita por LQ1.2 é um exemplo de utilização do discurso do outro.

No turno 5, LQ2.5 apresenta a ideia de que a energia está armazenada nos alimentos e que, ao ser ingerida, se transforma em outro tipo de energia. A forma de falar apresentada no turno 7 pelo mesmo estudante, "...vai forçar que o seu corpo tenha que trabalhar mais pra poder digerir mais energia" pode dar a ideia de **energia como algo material**, que pode ser trabalhada pelos processos associados ao sistema digestório. Essa visão parece também ser predominante na fala do estudante quando

menciona "energia iria se converter numa capa de gordura" e posteriormente "queimar agora não energia, mas a gordura". Aparentemente, o discurso do estudante mostra uma visão de energia que pode ser associada a modos de pensar a energia como **algo material e agente causal de transformações**. Nesses dois turnos protagonizado por LQ2.5 percebemos um discurso próprio do estudante, que remete ao discurso da ciência, evidenciado pelos termos utilizados, típicos da linguagem científica, mas não é especificamente científico. As expressões "energia metabólica", "processo de ganho de energia", "energia iria se converter numa capa de gordura" e "queimar agora não energia, mas a gordura" utilizam termos científicos, mas que também são utilizados no cotidiano. Uma hipótese é que os termos são utilizados para explicar a situação, mas ainda vão ser resignificados pelo estudante, adquirindo significado mais coerente com a linguagem formal da ciência.

No turno 9, o estudante LQ2.2 amplia a visão apresentada nos turnos anteriores ao falar que a energia nos organismos vivos não está armazenada apenas em gordura, mas também como carboidratos, porém, mantendo uma visão da energia armazenada no organismo e **agente causal do processo resultante do exercício físico**.

Desta forma, para os estudantes de química, percebemos que o contexto apresentado na primeira situação-problema, energia dos alimentos e atividades físicas, os modos de pensar a energia como **agente causal de transformações e como algo material** encontram significado com valor pragmático que permite explicar os processos de maneira satisfatória.

O quadro 30 apresenta o episódio 2LQ, escolhido na turma de licenciatura em Química, quando da discussão acerca da segunda situação-problema, que apresentava vários fenômenos envolvendo transformações energéticas: **A energia é invisível! Não podemos ver a energia, no entanto, podemos observar os fenômenos relacionados com a energia a partir das transformações. Como você poderia explicar: A) O crescimento de uma planta; B) A emissão de luz por um vagalume; C) A trajetória de um corpo esférico em um plano inclinado; D) A queima de uma vela; E) O aquecimento de um metal, ao entrar em contato com outro metal em temperatura mais elevada; F) A utilização de um painel fotovoltaico.**

Quadro 30: Episódio 2LQ – Processos que envolvem a Energia para acontecer

SP	Segunda situação-problema (Licenciatura em Química) Contexto: Energia e transformações ocorridas na natureza
Turno	Fala
1	LQ2.5 Ah, ok. Então, assim, pra poder... como a gente entendeu que na (<i>inaudível</i>). Identificar, é..., relacionar o fato com a energia, né? Crescimento de uma planta tá relacionado com o quê? O aluno tem que ter um conhecimento de fotossíntese, ok? Então, assim... na verdade, tem diversos tipos de energia, ok? É... em diversos fenômenos que ele possa observar, tanto na natureza, de modo geral, como no cotidiano. Aí, nesse caso, ele tem que ter alguns conhecimentos específicos pra poder chegar e dizer: “Ah, a planta, ela cresce por conta do processo x”. Aí, ele associou, compreendeu um pouquinho de fotossíntese, né? Também essa questão de... bioquímica, tudo mais. Então, são vários conceitos que ele tem que compreender pra resolver essa questão. Vai ter que encarar essa daí como uma questão mais superficial, que pra o aluno é mais... apenas relacionar o fenômeno com o tipo de energia.
2	LQ2.4 Eu acho que pode... assim... de uma forma, talvez, mais geral, podia dividir em energia termodinâmica a relação desses... cada caso e (a)... (e), (f), acho que poderia ser dividido em energia relacionada à termodinâmica e... de diferente o que leva ao crescimento de uma planta, que tá (<i>inaudível</i>) associada a uma energia em relação a... às calorias dos... dos minerais , talvez, que são fornecidos pra ela. Mas é só.
3	P. Certo. Mais alguém?
4	LQ1.2 É... pronto. Basicamente, também. O que a gente pode perceber é que aqui traz, é... várias situações que envolvem energia, mas com diferentes perspectivas: crescimento de uma planta, a energia também da...
5	LQ1.3 Fotossíntese , a luz da emissão do vagalume a gente pensou numa energia da reação biológica...
6	LQ1.2 A partir de uma reação química.
7	LQ1.3 A do... do plano inclinado [item c, a trajetória de um corpo esférico em um plano inclinado], a gente viu mais a parte da energia potencial e cinética ; a da queima de uma vela, a gente muito por parte da reação de combus... de combustão...
8	LQ1.2 Ele requer uma energia para acontecer.
9	LQ1.3 E... deixa eu ver... a da (???) do painel fotovoltaico [item f, a utilização de um painel fotovoltaico], a gente vê em relação à energia solar, na instalação

	(instalação). E a do aquecimento do metal [item e, o aquecimento de um metal, ao entrar em contato com outro metal em temperatura mais elevada], a gente ficou (inaudível) da transferência de calor , como ele falou, da parte da termoquímica e da termodinâmica.
10	LQ1.2 Então, a gente vê o conceito de energia aqui na segunda questão, mas em diferentes... diferentes formas, em várias áreas.

Fonte: Própria

No turno 2 percebemos a tentativa do estudante LQ2.4 em associar a sua resposta a um discurso mais próximo da ciência, buscando uma relação entre a explicação das transformações listadas na situação-problema (crescimento de uma planta, emissão de luz por um vagalume, trajetória de um corpo esférico em um plano inclinado, queima de uma vela, aquecimento de um metal, ao entrar em contato com outro metal em temperatura mais elevada e utilização de um painel fotovoltaico) dos fatos listados com termos que são originários da linguagem científica, como termodinâmica e calorias. Essa tentativa é compartilhada por LQ1.3 nos turnos 5 e 7, quando incorpora na sua resposta termos como fotossíntese, reação biológica, energia potencial e cinética e combustão. Podemos inferir uma essa busca por incorporar os termos científicos as falas a um movimento de apropriação da visão científica da energia. Isso pode indicar uma relação entre os modos de pensar e as formas de falar sobre o conceito, quando ao adotar um gênero de linguagem mais elaborado, o estudante se engaja no processo de significação dos novos termos utilizados.

Aparentemente os estudantes conseguem explicar os fenômenos descritos, mas não apresentam muita segurança na comunicação das ideias, o que pode ser percebido pelas diversas vezes em que pausas curtas e relativamente longas aparecem no discurso, mostrando que, mesmo em discurso próprio, ainda não é um discurso internamente persuasivo. As várias vozes são perceptíveis, como nos turnos 4 e 7, quando os estudantes estão aparentemente inseguros para completar os enunciados que iniciam, por exemplo: “é... várias situações que envolvem energia, mas com diferentes perspectivas: crescimento de uma planta, a energia também da...” (turno 4) e “a gente muito por parte da reação de combus... de combustão...” (turno 7).

No episódio 2LQ observamos uma tendência dos estudantes em se referir à energia como **agente causal das transformações** (turnos 8-10), ou seja, a energia é

vista como algo que está disponível para que aconteçam os processos, e esses estão diretamente condicionados a presença da energia para acontecer. Essa visão se apresenta como bastante comum na turma de química, uma vez que estão acostumados a observar a energia envolvida em processos químicos, nas aulas de termodinâmica química.

Ainda, nos mesmos turnos (8-10), é possível ver referência a diversos tipos de energia, uma forma de falar associada à classificação quanto a natureza e origem da energia, mas sem a preocupação em explicitar características científicas e explicações para cada tipo de energia. Desta forma, podemos associar esse modo de pensar a uma visão da energia funcional/utilitarista: os processos ocorrem com a energia, mas não existe preocupação em entender o que é a energia e como ela influencia nos processos.

Em síntese, a energia pensada como **agente causal das transformações** é o principal modo de pensar associado as formas de falar dos estudantes de química nesse episódio.

O episódio 3LQ desta análise é apresentado no quadro 31, na discussão da situação-problema que envolve energia no domínio espiritual e místico: **O místico e o sobrenatural têm tido destaque atualmente na sociedade. Termos como "energia cósmica" e "energia dos cristais" são apresentados em materiais de divulgação e textos em revistas, adquirindo significados no cotidiano das pessoas e fazendo surgirem até novas profissões, como os energizadores, que atuam na substituição da energia negativa por energia positiva, em determinado ambiente.**

Quadro 31: Episódio 3LQ – Energia Esotérica e Mística, e acreditamos nela

SP	Quarta situação-problema (Licenciatura em Química) Contexto: Energia em uma perspectiva pseudocientífica, associada ao misticismo e questões espirituais e sobrenaturais
Turno	Fala
1	LQ2.5 (Lendo a questão). A gente, assim... é... pegando esse conceito de energia aqui, a gente partiu pra o lado de que, nesse caso, a energia é apresentada de forma esotérica, energia espiritual, né? E, por conta disso, ela seria uma energia não-científica , ok? Né? E (inaudível) o principal que o aluno deve compreender é que, mais uma vez, né, energia tem diversos conceitos, né, e

	muitos deles, nem sempre, é um conceito científico. Mas, não deixa de ser, também, energia. A gente calculou muito por esse lado. Então, assim... nesse momento, ele é evidenciado como uma forma de energia espiritual, a energia, como posso dizer? Mística, do além, uma coisa mais sobrenatural. Não é uma coisa científica, mas que existe.
2	LQ2.6 E, assim... e também não só a energia espiritual, que nós todos temos energia, né? Então, a gente pode tanto ter a nossa energia negativa, quanto positiva. Vai depender muito dos nossos pensamentos, também. Então, isso não só depende de nós, não é só a questão espiritual, não. Eu acredito nisso.
3	LQ1.1 É, a gente também entendeu desse modo, que o termo aí, de energia, que foi utilizado nesse problema, foi diferente dos anteriores. Aqui é uma coisa mais, é... de estado de espírito, da esotérica, como eles haviam visto, falado, mais de “vibes”. Então, é isso o que a gente entendeu, né? E tipo... se isso pode ser considerado... esse termo pode ser considerado científico, a gente acha que não, porque é uma coisa que não se explica... essa energização, assim, esse estado de espírito. Foi isso que a gente entendeu.
4	P. Certo. Rapidamente, vocês quatro! [Em referência ao grupo 1] Quem acredita nesse tipo de energia?
(Todos afirmam acreditar com a cabeça).	
5	P. E aqui, quem acredita nesse tipo de energia?
(Quatro de seis acreditam)	
6	LQ2.5 Mais ou menos. É complicado explicar, porque é uma coisa, tipo, tecnicamente, não tem explicação, não tem uma comprovação científica praquilo. Mas, acredito que tem.
7	Vários falam simultaneamente.
8	LQ2.5 Tem coisas, tem momentos... tem momentos que a mente convence, momentos que não convence.
9	LQ2.4 É...

Fonte: Própria

A quarta situação-problema tinha por objetivo fazer emergir modos de pensar o conceito de energia em um contexto esotérico, associado a misticismo e ao sobrenatural. Conseguimos identificar modos de fala que se relacionam com esse modo de pensar o conceito.

Após ler a questão, de imediato LQ2.5 reconhece o contexto de utilização do conceito de energia nessa situação-problema, relacionando a questões **esotéricas e**

espirituais (turno 1). Para justificar essa utilização, que aparentemente não o deixa muito à vontade, o estudante invoca as características do conceito relacionados a polissemia, ao se referir a energia como portadora de "diversos conceitos", e termina o turno afirmando que, mesmo não sendo científica, existe, ou seja, reconhece o valor pragmático do contexto de uso da palavra energia.

No turno 2, o estudante LQ2.6 comenta a existência de energia negativa e positiva, aproximando o discurso de um gênero secundário, que não é o científico, mas o místico ou o religioso, relacionando classificações e origem para esse tipo de energia, que é oriunda do pensamento e de que "não só depende de nós, não é só a questão espiritual".

Uma constatação interessante é que a maioria dos licenciandos em química aceitam essa visão de energia como adequada, mesmo sem ter compromissos científicos. Podemos observar isso com os sinais apresentados após os turnos 4 e 5, no qual são perguntados sobre suas relações com esse modo de pensar a energia.

Existe um predomínio de fala do estudante LQ2.5 em todo o episódio, e notoriamente existe uma tendência dos demais em concordar com suas falas, mesmo no momento de falas simultâneas. O compromisso com as questões científicas, que pode ser influenciado pela discussão ocorrer em sala, em momento específico de aula, pode influenciar no que observamos no turno 8: existem momentos que essa forma de falar convence e outros que não convence, dependendo do valor pragmático de utilização.

Nesse episódio, percebemos a predominância do modo de pensar a energia relacionado a uma **visão espiritual e mística**, o que já era esperado, uma vez que o contexto apresentado na situação-problema propositalmente dirigia a essa forma de pensar.

O episódio 4LQ, quarto e último analisado para a turma de química trata da conservação de energia e está apresentado no quadro 32: **A energia se conserva! A formulação do princípio da conservação de energia se caracteriza como um importante marco no desenvolvimento do conceito de energia, pois a partir desta propriedade podemos entender melhor o conceito. No entanto, algumas questões podem ser feitas. A) Se a energia se conserva, por que em diferentes momentos da história se fala em crise energética?; B) Se a energia se conserva**

e um litro de combustível pode movimentar um carro por vários metros, por que não pode movimentar o carro perpetuamente? Como explicar essas situações?

Quadro 32: Episódio 4LQ – No carrinho a energia não se conserva

SP	Quinta situação-problema (Licenciatura em Química) Contexto: Energia em termos das propriedades de conservação e degradação tomando como cenário o processo de queima de combustível automotivo
Turno	Fala
1	LQ1.2 (Lendo a pergunta). É... bem, esse termo aí “a energia se conserva”, é... a gente pode perceber que ele tá se referindo a um outro tipo de energia. No caso, nessa energia que se conserva. E a gente não pode, é... generalizar para todos os outros conceitos que a gente tem pra energia. É... porque, como a gente pode perceber aqui, é... no exemplo que ele dá, se a energia não pode ser conservada, por que a gente tem crise energética em vários... seguimentos da área energética, como, por exemplo, é... a partir do petróleo, a partir da... a energia hídrica (hidroelétrica)? Por que que a gente pode falar de crise energética? Ou seja, (inaudível) essa energia, não necessariamente, ela vai se conservar, porque a gente tem energia, uma gama muito grande de tipos de energia que a gente pode ter, então a gente não pode generalizar. Na letra (b) [se a energia se conserva e um litro de combustível pode movimentar um carro por vários metros, por que não pode movimentar o carro perpetuamente?], se a energia se conserva e 1 litro de combustível pode movimentar um carro perpetuamente. Tipo, também é outro ponto que se choca com esse conceito, né? Porque aí, no caso do combustível no carrinho lá, ele vai ser queimado, (inaudível) vai acontecer aquela reação química e vai ser consumido. Então, ali não tá tendo a conservação, do jeito que ele tá se tratando aqui, né, no caso.
2	P. A energia se conserva neste contexto?
3	LQ1.2 Porque ele... ele diz o seguinte, que tipo, a reação tá acontecendo, tá consumindo, e é como se ele falasse que se a energia se conserva, o carro, ele tinha que andar eternamente. Tipo, com essa conservação dessa energia. Indo e voltando e de novo e não é bem assim.
4	LQ2.4 Mas, eu acho que quando ele fala “conservação da energia”, é que, assim, não vai se perder e ir pra...
5	LQ1.2 Não, mas olha o que ele diz: que... por que não movimentar um carro perpetuamente? Aí, por isso que a gente se chocou com essa... com esse tipo de conceito.

6	<p>LQ2.4 Mas, eu acho que é assim, tipo, é... a conservação de energia que se fala, pelo menos o que (inaudível), é que vai se transformar em outro tipo de energia e vai ser transformado em outra forma, entendeu? Então, o que acontece? Não pode ser perpétuo esse negócio que ele falou na letra (b) [se a energia se conserva e um litro de combustível pode movimentar um carro por vários metros, por que não pode movimentar o carro perpetuamente?] aí, do combustível do carro, porque vai se transformar em outros dados. Então, não tem como gerar mais, é... energia pra... não tem como estar sempre com aquele combustível pra o carro ficar em movimento. Mas, não que se perca, mas se transforma em outra coisa.</p>
7	<p>LQ1.2 Pronto. Por que assim, a energia (inaudível) vai ser conservada, mas a gente tinha entendido, tipo, no caso do... de ficar continuamente movimentando esse carro. A gente, tipo, levou pra esse lado.</p>
8	<p>P. Por que não vai movimentar continuamente, perpetuamente o carro?</p>
9	<p>LQ1.2 Porque, tipo... é... nesse caso aí, o que vai movimentar é a questão do combustível, né?</p>
10	<p>LQ1.3 Em determinado momento essa fonte de combustível vai...</p>
11	<p>LQ1.2 Aí ele vai sendo consumido e se transformando em outras coisas. Aí, essa energia que não vai... essa energia que vai se transformar em outra, não vai estar movimentando esse carro continuamente. Aí, a gente tinha pensado mais na questão do... da ação em si, sabe? Se quiserem falar alguma coisa...</p>
12	<p>LQ 2.2 Assim, acho que detalhes não foram ressaltados. Por exemplo, de onde veio a energia do combustível do carro? A energia do combustível do carro veio a partir da energia eletromagnética da luz sobre as suas proteínas e tal, produz a fotossíntese, beleza? Uniu o carbono, o carbono reagiu e virou combustível. Esse combustível, posteriormente, ele vai ser quebrado, vai ser queimado e vai liberar, também, energia eletromagnética. Também outras formas de energia como calor, energia cinética, a luz, por exemplo, da combustão. Então, a energia é sempre convertida. Então, a própria luz que produziu a energia do combustível, ela vai voltar a ser a... voltar à sua forma inicial e, assim, essa energia se formou. Se a energia não é renovável, então porque essa energia é? Se a luz não é renovável, então por que essa energia eletromagnética voltou a ser uma forma de energia eletromagnética? Sabe? Por exemplo, a luz, ela produziu as ligações e depois ela voltou a ser luz. Então, assim... Então, houve uma conservação da energia de qualquer maneira. Por que o carro não se movimenta? Porque existem outras forças impedindo isso. A força que ele</p>

	produz é a força que age sobre ele. Então, assim... existem vários fatores que devem ser levados em consideração além do movimento do carro. Por que o carro anda quando tem ainda combustível?
13	LQ2.5 Porque essa combustão vai acabar gerando uma energia mecânica também, pra fazer o motor girar. A energia ela se dissipa, como (LQ2.4) estava falando...

Fonte: Própria

No episódio 4LQ, os estudantes estão debatendo a quinta questão, que aborda a energia numa visão relacionada a sua conservação e degradação.

Vemos logo no turno 1, que LQ1.2 não reconhece a generalidade do conceito de conservação de energia. Isso pode ser verificado na fala "E a gente não pode, é... generalizar para todos os outros conceitos que a gente tem pra energia". Percebemos uma aproximação com o discurso midiático (ARIAS, 2002), quando o estudante tente associar a possibilidade de existir formas de energia que não se conservam. Podemos ver exemplos nas falas "crise energética em vários... segmentos da área energética" e "...vai acontecer aquela reação química e vai ser consumido. Então, ali não tá tendo a conservação", parece afirmar que a conservação da energia não é necessariamente uma característica universal.

Após a intervenção do pesquisador (turno 2), LQ1.2 continua com a mesma visão, "... se a energia ser conserva, o carro, ele tinha que andar eternamente". LQ2.4, no turno seguinte, tenta argumenta, mas é interrompido por LQ1.2, mostrando que o discurso próximo ao autoritário prevalecendo, mesmo não sendo um discurso coerente com a visão científica. Apenas na segunda intervenção de LQ2.4, no turno 6, ao afirmar que "a conservação de energia que se fala... é que vai se transformar em outro tipo de energia e vai ser transformado em outra forma..." que LQ1.2 considera o discurso do outro seu discurso parece um discurso internamente persuasivo, que está aberto a outros discursos, em busca da expansão de significados (MAGALHÃES, NININ e LESSA, 2014).

A partir de nova intervenção do professor (turno 8), começa a aparecer um modo de pensar a energia associado ao combustível. No turno 12, a fala de LQ2.2 é rica em termos da linguagem científica, porém, empregados de forma pouco coerentes, como na referência a "energia eletromagnética", um reconhecimento da **conservação de energia** "de qualquer maneira" e um indício de visão de energia como

movimento/atividade óbvia, no trecho "A força que ele produz é a força que age sobre ele".

No turno 13, LQ2.5 associa o processo de dissipação de energia **agente causal** na transformação da energia relacionada ao processo de combustão com a energia mecânica que faz o motor girar e o carro andar.

Dessa forma, nesse episódio, percebemos a partir das formas de falar os modos de pensar a energia como **movimento/atividade óbvia**, como **agente causal de transformações**, com ênfase no combustível, e um reconhecimento, não de todos os estudantes, do conceito de **conservação de energia**.

6.2.2 Licenciatura em Física

Para os episódios selecionados na turma de licenciatura em física cada sujeito é representado por um único número, pois eles não se organizaram em grupos, como os professores de química em formação inicial.

Nessa turma, diferente da turma de Química, a participação foi mais heterogênea, não existindo predomínio de nenhum estudante na condução do debate. Apenas quatro estudantes participaram ativamente do debate, com um quinto elemento chegando muito próximo ao final da discussão e participando apenas em relação a quinta situação-problema.

Apresentaremos os episódios, comentados em relação à emergência das formas de falar sobre o conceito de energia. O primeiro episódio, 1LF é apresentado no quadro 33:

Quadro 33: Episódio 1LF – Energia seria uma fonte para realizar trabalho

SP	Primeira situação-problema (Licenciatura em Física) Contexto: Energia dos alimentos e atividades físicas
Turno	Fala
1	P. E aí, gente? Qual a situação? Qual a problemática?
2	LF3 A problemática seria, que ele fala, da quantidade de energia que é necessária para o nosso corpo manter o funcionamento e... para a conservação do peso, fazer atividade física ou diminuir a alimentação? Eu acharia fazer algum tipo de atividade física porque aí teria como você controlar o alimento que você está ingerindo e também o peso , porque se você deixar de comer algum alimento,

	além de (<i>inaudível</i>) essas duas mil calorias, pro bom funcionamento, diminuir, você acaba perdendo peso.
3	LF2 Calma. Tua resposta é só exercício [falando com LF3]?
4	LF3 É, exercício constante juntamente com uma certa quantidade de alimentos.
5	LF1 Parece convergente. Qual seria uma possível argumentação para manter o peso de uma certa pessoa constante? Ela explicou já qual seria a resolução, né? A resolução é manter o corpo balanceado, né? Que a melhor solução seria melhorar a qualidade dos alimentos, procurando saber quais os valores calóricos dos mesmos , né? E além disso estar ciente das práticas de exercício, né? Porque, caso exceda este valor calórico, o corpo pode queimar a energia excedida (excedente) com exercício físico.
6	P. Energia, neste contexto, é o quê? Não tem essa pergunta, não é? O que vocês colocaram?
7	LF2 Energia seria uma fonte para realizar um trabalho.
8	LF3 Energia que a gente retira dos alimentos para realização de alguma atividade.
9	LF4 A mesma coisa, né?
10	LF1 Agora, caso esta energia não seja utilizada, ela pode vir a se acumular. E se acumular como? Em forma de gordura , ganho de peso.
11	LF2 Depois ela é transformada, aí você...

Fonte: Própria

Logo no início do episódio, os estudantes LF2 e LF3, ao comentar a problemática que serve como contexto para a situação-problema, apresentam a ideia de ganho de energia pela ingestão de alimentos e perda de energia pela realização de exercícios. Uma síntese do pensamento é apresentada no turno 5 pelo estudante LF1: "... caso exceda este valor calórico, o corpo pode queimar a energia excedida com exercícios físicos". A essa forma de falar, podemos associar ao modo de pensar a energia como contida nos alimentos que são ingeridos, **como algo material ou conteúdo energético armazenado na comida**. Apesar do uso de termos científicos, como calorias, até o turno 5 existe uma predominância de um discurso associado ao senso comum, a ideia de ganho e perda de energia em processos de alimentação e realização de ações pelo organismo, respectivamente.

Nos turnos 7 e 8 fica mais evidente uma visão de **energia como movimento/atividade óbvia**. No turno 7, LF2 utiliza termos mais científicos, "fonte

para realizar um trabalho", enquanto que no turno seguinte o discurso se aproxima de uma versão mais do senso comum, "...para realização de alguma atividade". No turno 9, LF4 reconhece a proximidade dos dois discursos, embora estejam associados inicialmente a gêneros diferentes.

No turno 10, surge a ideia de energia como algo que pode ser armazenado em forma de gordura, resultando no ganho de peso. Não podemos inferir o significado atribuído a expressão "em forma de gordura", no entanto, podemos associar a expressão a uma visão de energia **como algo material**, que está contido ou é a própria gordura.

Dessa forma, durante a análise do episódio em tela, identificamos os seguintes modos de pensar o conceito de energia, a partir das diferentes formas de falar: **energia como algo material e energia como movimento/atividade óbvia**.

O segundo episódio selecionado a partir do debate com a turma de licenciatura em física, nomeado 2LF, com a temática energia e transformações ocorridas na natureza, é apresentado no quadro 34:

Quadro 34: Episódio 2LF – Transformação de Energia

SP	Segunda situação-problema (Licenciatura em Física) Contexto: Energia e transformações ocorridas na natureza
Turno	Fala
1	LF3 Os diversos contextos nos quais a energia pode ser verificada. No crescimento da planta; (inaudível) vagalume; a terceira questão, letra (c), que a trajetória de um corpo no plano inclinado... energia cinética; queima de uma vela, combustão, aí nesse mesmo comentário seria energia térmica; e a utilização de painéis relacionados com energia solar
2	LF2 No caso a energia, mesmo ela sendo invisível, a gente ainda pode ver a atuação dela, não ela propriamente, mas a atuação dela em diversos sistemas . Mais ou menos isso. Aí seria a pergunta no caso, né? Por que a gente vê isso apesar da energia ser invisível?
3	LF1 No caso, o conceito de energia impellido aí seria o de transformação de energia, né? A gente consegue ver como ela se transforma, né? Térmica, química, cinética, elétrica...
4	P. Neste contexto, o que seria energia?
5	LF2 A gente disse que a energia era conservada . E ao mesmo tempo disse que era algo que realizava trabalho...

6	<p>LF4 Acho que é o tipo de energia que vai gerar algum tipo de reação, né? Um determinado tipo de energia, ela age e vai gerar uma reação naquela substância na qual ela foi colocada, né? Por exemplo, o crescimento de uma planta. Então, durante a fotossíntese existe ação e a planta capta a luz solar e por meio de processos internos que acontecem na planta, ela reage de uma forma que ela possa crescer, assim como a queima de uma vela. Existe uma ação ao colocar o fogo na ponta da vela e através do que contém na vela, o produto dela vai fazer com que aja a queima, ela vai estar reagindo àquela ação. Vai estar sempre havendo uma transformação de energia: energia de calor, ela é transformada em energia mecânica, né? Energia solar é transformada em energia que cresce, mecânica. Então, existem vários tipos de transformação de energia.</p>
7	<p>LF1 Então para todos os sistemas diferentes, a energia serve como um combustível para cada um deles, “combustível” (<i>gesto</i>) pra ele mesmo.</p>
8	<p>LF4 Exato.</p>

Fonte: Própria

No turno 2, o estudante LF2 afirma que, embora não possamos ver a energia, podemos ver sua manifestação "...a atuação dela em diversos sistemas". Ou seja, a energia seria reconhecida a partir das transformações nos corpos, objetos, substâncias e sistemas por ela causados, em modo de pensar associado ao entendimento da energia como **agente causal nas transformações**. No turno seguinte, LF1 sintetiza essa visão em uma linguagem mais próxima ao gênero do discurso científico, ao afirmar que o conceito de energia em tela estaria associado a ideia de "transformação de energia", citando diversos tipos de energia, em diferentes classificações: "térmica, química, cinética, elétrica..."

No turno 5, após a intervenção do pesquisador no turno 4, LF2 invoca a ideia de energia como algo que se conserva e algo que realiza trabalho, expressão ao qual associamos o modo de pensar a **energia como movimento/atividade óbvia**. No enunciado apresentado nesse turno, percebemos dois diferentes modos de pensar que estão associados ao conceito de energia. O aparecimento de discursos híbridos, ou seja, com mais de uma forma de falar sobre o conceito de energia, associados a diferentes modos de pensar, talvez seja influenciada pela própria natureza da questão, que apresenta diferentes contextos, associados aos diferentes processos apresentados nos itens que compõem a situação-problema.

Percebemos novamente, nos turnos 6 e 7, uma visão de energia associada a **agente causal nas transformações**, no reconhecimento do seu papel como agente causador, as vezes produto dos processos (como descrito no turno 6, no comentário sobre a queima de uma vela), ou, como LF1 comenta, "...como um combustível para cada um deles".

Podemos identificar nos contextos apresentados na segunda situação-problema a emergência de modos de pensar que estão relacionados a formas de falar que encontram valor pragmático nos contextos descritos. Essas formas de falar estão associadas as visões da energia como **agente causal nas transformações** e energia como **movimento/atividade óbvia**.

Assim como na turma da licenciatura em química, a visão da energia em um contexto relacionado a domínios místicos e sobrenaturais, temática da quarta situação-problema, é ilustrado no episódio 3LF, apresentado no quadro 35 a seguir:

Quadro 35: Episódio 3LF – Que nada a ver do caramba!

SP	Quarta situação-problema (Licenciatura em Física) Contexto: Energia em uma perspectiva pseudocientífica, associada ao misticismo e questões espirituais e sobrenaturais
Turno	Fala
1	LF3 Aqui ele fala da energia cósmica e energia dos cristais , que estão se referindo a novas profissões. E da relação do conhecimento científico com o conhecimento popular . Nesse caso, o conhecimento científico acredita que a energia cósmica, neste caso aqui específico, não é o mesmo pra essa (inaudível), porque ele diz aqui a energia negativa e a energia positiva do ser, do espiritual, da pessoa... e há essa troca. A pessoa tá com a energia negativa, utilizando esses conceitos aqui, aí sai a energia negativa e vem a energia positiva .
2	LF2 Isso é meio estranho, porque, vê. Se você tem a energia negativa e a energia positiva, a gente vai ter um equilíbrio . Aí se eu pego: Ah! Vou tirar toda a sua energia negativa e vou adicionar energia positiva, o cara vai ficar "energizado" (gesto). Que nada a ver do caramba!
3	LF1 No (inaudível) existem dois tipos de energia distintos que *** com o conceito científico do que seria a energia: energia obtida negativa e energia obtida positiva .
4	LF2 Parece um conceito mais filosófico .
5	LF1 Parece um conceito mais filosófico e não-científico .

6	<p>LF4 Posso retirar também daí a questão da energia, né? Tem a energia escura, né? E tem a energia espiritual, né? Que é falada aí, né? Ou seja, tem a luz e as trevas, né? Então, o que pode tirar disso, né, é que o que forma o escuro, né, a treva, pode dominar a luz. Existem duas formas que a treva toma conta da luz: se a luz for retirada, entendeu? Ou então se a intensidade da luz diminuir, né? Aí as trevas acabam dominando, né? Então, essa parte quatro, é a parte assim, acho que mais filosófica, né? É uma parte assim mais ligada ao entendimento do ser humano, uma coisa assim mais relacionada ao parceiro, pode ser. A pessoa olhando aquele cristal, ela imagina que aquilo vai lhe dar mais energia positiva, por exemplo, e ela se sente bem com aquele cristal e, automaticamente, essa sintonia que ela tem com esse cristal vai fazer com que ela adquira mais energia, mais força de vontade para encarar as coisas de modo positivo, né?</p>
7	<p>LF1 Então, para responder à pergunta: É um conceito mais filosófico, né?</p>
8	<p>LF4 Acho que sim.</p>
9	<p>P. Deixa eu só fazer uma intervençãozinha. Vocês acreditam neste tipo de energia que é citado na quarta situação-problema?</p>
10	<p>LF1 Não.</p>
11	<p>LF2 Não.</p>
12	<p>LF3 Não.</p>
13	<p>LF4 Eu acredito, mas de uma forma diferente!</p>
14	<p>P. Explica?</p>
15	<p>LF4 Assim, é... o tipo, é, de energia espiritual, né, é uma coisa que pode os seres humanos não termos, assim, como provar atualmente, cientificamente, a existência porque é algo que está, assim, muito além, né? A energia espiritual é uma matéria refinada, sabe? Principalmente, é, olhos mais puros é que podem discernir, né, esse tipo de energia refinada, né? E assim, eu acredito que todos, é, os espíritos de energia sejam matéria, né? Uma matéria assim muito refinada, entende? Aí seria mais baseada assim, em questões religiosas, né? Então, eu como acredito em Deus, né, acredito nesta força, que existe força espiritual, força negativa e positiva, é de acordo com a forma como você vive de fato, né? Mas, essa energia ela não é buscada através de objetos, através de cristais. Isso depende muito da sua conduta de vida e de como você realmente encara a coisa da vida, né? Então, muita gente fala em céu, em inferno, essas coisas, mas você pode fazer com que sua própria vida seja uma condução de conduta, né? Não é necessário você se basear em um</p>

	<p>cristal ou em algum tipo de, é, material, pra você ganhar ou perder energia, né? Isso é uma coisa muito mais da pessoa, né?</p>
--	---

Fonte: Própria

No turno 1, o estudante LF3 associa, para o contexto em tela, uma aproximação entre o conhecimento científico, devido ao uso da palavra energia, aos conhecimentos populares, uma vez que o significado do termo é modificado, passando a valer em **esferas do misticismo e pragmáticos na explicação de fenômenos espirituais e/ou sobrenaturais**. Esse modo de pensar o conceito de energia parece não ser aceito por LF2, que no turno 2 manifesta um discurso de autoridade, associado ao domínio da ciência, sem permitir a possibilidade de expansão de significados para as formas de falar sobre a energia. Essa visão crítica a esse modo de pensar a energia é manifestada também no turno 3, associado a filosofia e afastado da ciência nos turnos 4 e 5.

No turno 6, o estudante LF4 busca ampliar um pouco a discussão, incluindo ideias associadas a luz e trevas, no dualismo bem e mal, mas logo a diante associando também a uma visão que é filosófica. Os turnos 7 e 8 confirmam essa forma de associar o conceito de energia nesse contexto.

Diferente dos estudantes da licenciatura em química, três dos quatro estudantes participantes do debate, na licenciatura em física, não acreditam e concordam com esse modo de pensar o conceito de energia, embora reconheçam seu valor pragmático em contextos adequados, como podemos inferir pela análise da discussão, principalmente entre os turnos 1 e 8. Cabe ao estudante LF4, mais uma vez, fazer um acréscimo significativo a discussão, com a inclusão de questões relacionadas a alma e religião, mostrando uma intertextualidade entre seu discurso e discursos de autoridade da religião, identificada pela utilização de expressões como alma, espíritos, energia refinada e conduta de vida. Trata-se de um discurso do outro que é incorporado no discurso do estudante LF4, que se aproxima de outro gênero do discurso secundário que não o científico, o religioso.

Percebemos nesse episódio o reconhecimento do valor pragmático, em contextos específicos nos quais o místico, o exotérico, o sobrenatural e o religioso possuem destaque desse modo de pensar a **energia como algo espiritual ou místico**, associado a um processo de significação pseudocientífico (ARIAS, 2005). Em outras palavras, os estudantes de licenciatura em física se mostraram mais

resistentes às ideias pseudocientíficas de energia, reconhecendo o valor pragmático em contextos específicos, mas sem acreditar na veracidade dessa visão, que é deveras discrepante das formas mais científicas de pensar o conceito de energia.

Por fim, selecionamos o episódio 4LF, a partir da discussão da quinta situação-problema, que apresenta como contexto a questão da conservação e dissipação da energia, em uma visão mais científica do conceito físico-químico de energia. O quadro 36 apresenta episódio em tela:

Quadro 36: Episódio 4LF – A entropia não permite isso!

SP	Quinta situação-problema (Licenciatura em Química) Contexto: Energia em termos das propriedades de conservação e degradação tomando como cenário o processo de queima de combustível automotivo
Turno	Fala
1	LF1 Número 3, por favor.
2	LF3 (Lendo a situação-problema). Esse 1 litro seria a quantidade de energia. Se a energia é um valor específico de energia, ela vai se conservar até se transformar novamente em movimento.
3	LF1 Justamente.
4	LF2 É que a gente se baseou mais no conceito e...
5	LF1 No processo.
6	LF2 No processo. Que a gente viu em termodinâmica, até recentemente, que, no caso, essa energia da gasolina e tal, a gente vai pegar ela pra ela trabalhar, trabalhar (gestos) e transformar. Só que isso é um processo irreversível, o negócio que a gente tá estudando agora. Por ele ser um processo irreversível, não tem como depois aquela combustão todinha voltar e virar gasolina de novo. Então, já que isso não existe, não quer dizer que conservação de energia não exista. Ela existe, só que vai depender do processo.
7	LF1 E aí? Que conceito de energia é que a gente diria nesse caso, em especial?
8	LF3 Não podemos criar, apenas transformar um tipo de energia em outra.
9	LF1 E por quê?
10	LF2 Conservação de energia, transformação... conservação de energia, transformação e de processo.
11	LF1 Como o conceito de energia é entendido?

12	LF3 Que apesar da energia ser conservada no processo de transformação, alguma energia é dissipada, ou seja, não é aproveitada para a realização de alguma atividade, mesmo uma parte (inaudível).
13	LF1 A gente respondeu à questão, o tópico que ele coloca, né? Central. Se a energia se conserva... se a energia se conserva, porque é o litro de combustível que faz o carro se movimentar (inaudível)? Que foi o que você explicou. Esse litro de combustível vai se transformar numa certa quantidade de energia até ser utilizado completamente.
14	LF2 Vai sofrer um processo, esse processo é irreversível e acabou-se. Se não botar mais gasolina, morreu.
15	LF4 A não ser que essa energia se dissipasse, né? E se dissipa, de fato, e ela de alguma forma, ela voltasse a ser uma gasolina e ficasse nesse ciclo, né?
16	LF2 É!
17	LF4 No caso: gasolina, força do motor, se dissipasse, aí voltasse a ser gasolina...
18	LF1 A entropia não permite isso!
19	LF4 Exatamente!
20	LF2 Isso daí seria um processo reversível que é ideal, pelas noções da termodinâmica.

Fonte: Própria

No turno 2, LF3, após ler a situação-problema, afirma que "esse um litro seria a quantidade de energia". A forma de falar parece estar associada a uma visão da **energia como algo material**, uma vez que litros é a unidade usual de volume. Consideramos que, nesse caso, o estudante associou a gasolina, um líquido, a própria manifestação da energia, **substancializada na gasolina ou qualquer outro combustível** automotivo utilizado. LF1 aparentemente concorda com a visão de LF3.

No turno 6, LF2 invoca o discurso científico, trabalhado nas aulas de termodinâmica do curso de física, em um discurso citado, buscando a autoridade do discurso científico no contexto de uso do termo energia, ao afirmar que o processo ocorre de forma "...irreversível... por ele ser um processo irreversível, não tem como toda aquela combustão todinha voltar e virar gasolina de novo". As palavras são do estudante, mas existe uma intertextualidade com o discurso científico, podemos perceber os diversos discursos convivendo no enunciado em tela.

A visão da **energia como uma quantidade que se conserva** fica bastante evidente entre os turnos de fala 8 e 10, nas falas "Não podemos criar, apenas transformar um tipo de energia em outra" e "conservação de energia... conservação de energia, transformação... conservação de energia, transformação e de processo". Essa forma de pensar a energia é retomada por LF3 no turno 12, agora associada a ideia de dissipação ou degradação de energia: "... apesar da energia ser conservada no processo de transformação, alguma energia é dissipada, ou seja, não é aproveitada para a realização de alguma atividade, mesmo uma parte...".

Essa discussão se mantém nos turnos 13 até 15. Nesse último, LF4 propõe um experimento mental no qual a energia não se dissipasse, ela pudesse ser, na totalidade, recuperada em sua forma inicial e usada novamente para movimentar o carro. Evocando as ideias da ciência, o que continua nos turnos 16, na participação de LF2 em concordância, e no turno 17.

Por fim, entre os turnos 18 e 20, uma grandeza termodinâmica fundamental e relacionada diretamente ao processo de dissipação ou degradação da energia é citada: a entropia. A discussão sobre a quinta situação-problema termina com discursos de autoridade, associadas as ideias do gênero de discurso científico.

Nesse episódio, podemos identificar, no discurso dos estudantes, formas de falar associadas aos seguintes modos de pensar: **energia como algo material** e **energia como quantidade que se conserva**.

6.2.3 Estudantes do Ensino Médio

Para melhor operacionalizar o debate, devido ao tempo reduzido, os estudantes do segundo ano do Ensino Médio foram divididos em quatro grupos. Talvez devido à idade, os estudantes do Ensino Médio tiveram menor poder de concentração e fizeram bastante barulho durante a resolução das situações-problema. Durante o debate, os estudantes discutiram vários aspectos do conceito de energia, sendo a turma mais participativa e a única que estourou o tempo previsto para a ocorrência do debate.

O primeiro episódio analisado para a turma do Ensino Médio, chamado de 1EM, foi transcrito a partir da discussão acerca da primeira situação-problema e é apresentado no quadro 37:

Quadro 37: Episódio 1EM – Comer mais ou menos energia

SP	Primeira situação-problema (Segundo Ano – Ensino Médio) Contexto: Energia dos alimentos e atividades físicas
Turno	Fala
1	EM1.1 Tipo, é... (<i>inaudível</i>) pra manter a energia constante, teria que manter a atividade, a energia de... manter uma atividade, um exercício legal e comer uma quantidade de alimentos certa pra gente manter aquele peso, pra poder resolver a questão do problema de ter aquele peso constante.
2	EM1.2 O exercício que você vai fazer, você come de acordo com o que vai fazer pra não ganhar nem perder muito. Basicamente isso.
3	P. Tá bom!
4	EM2.1 É... A energia vinda dos alimentos, ela é acumulada no corpo. O corpo faz reserva de energia . Quando o corpo perde energia e tem uma quantidade extra de energia, ela é acumulada na gordura . Os exercícios servem pra, é, tirar essa energia que ficou na gordura, deixando só a energia própria pro corpo se manter . Ou seja, quando a pessoa come e pratica o exercício... ou seja...
5	E2.2 Gordura é acúmulo de energia
6	E2.1 ...ela não vai nem ganhar e nem perder.
7	E3.1 No caso, é isso mesmo, porque se o objetivo é você manter as 2000 Kcal, é, se você parar de comer, você não vai ganhar essas 2000 Kcal. Logo, você vai perder peso. Então, se o objetivo seria manter o peso, você tem que continuar comendo e praticando exercícios.
8	E2.2 E vendo a sua atividade física no dia-a-dia. Dependendo dela, você vai ter que comer mais ou menos energia .
9	EM1.1 Se, por exemplo, a gente tem uma ingestão de alimentos de 3000 calorias, se a gente absorve só um terço dessa... dessa energia porque a gente gasta o resto fazendo a digestão, como era que a gente conseguiria manter esse peso se a gente só comesse 2000 calorias por dia?
10	EM2.2 Aí não manteria o peso.
11	EM1.1 Sim, aí tu achas que o cara deveria pegar uma ingestão de alimentos maior ou...
12	EM2.2 Maior...
13	EM1.1 E praticar mais exercício pra conseguir manter ou só aquilo mesmo?
14	EM2.2 Tu poderia praticar, comer mais só que não praticar atividade física, dependendo do teu dia-a-dia.

15	EM2.1 Depende do metabolismo da pessoa.
16	EM2.2 É.
17	EM2.1 Se teu metabolismo é acelerado e tu consegues liberar energia sem precisar fazer exercício , aí então tu não precisas praticar exercício.
18	P. Grupo 4, como é que a energia é vista nesta situação?
19	EM4.1 – De forma que se você digere alimentos, o corpo armazena essa energia. E quando você se exercita, ela libera em forma de energia mecânica.

Fonte: Própria

No episódio 1EM, no turno 4, o estudante EM2.1 apresenta uma forma de falar sobre o conceito de energia em que esta é acumulada no corpo, ou seja, esse faz "reserva de energia". A energia parece se aproximar de uma visão como **agente causal nas transformações** no trecho: "Quando o corpo perde energia e tem uma quantidade extra de energia, ela é acumulada na gordura. Os exercícios servem pra, é, tirar essa energia que ficou na gordura, deixando só a energia própria pro corpo se manter".

No turno 5, a ideia inicial da fala de EM2.1 no turno anterior é retomada, por EM2.2, que afirma: "Gordura é acúmulo de energia". Tal construção da ideia de que a gordura que é produzida e acumulada no corpo é uma forma substancializada de energia, um dos casos que pode ser associado ao modo de pensar a **energia como algo material**. Essa visão é retomada no turno 8, quando o mesmo estudante fala: "Dependendo dela (da atividade física do dia-a-dia), você vai ter que comer mais ou menos energia.

A ideia de reserva é constante em todo o episódio, aparecendo novamente no turno 19, quando EM4.1 afirma: "...o corpo armazena essa energia. E quando você se exercita, ela libera em forma de energia mecânica". Entendemos esse discurso como híbrido, evidenciando modos de pensar a energia como **algo material** e **energia como agente causal nas transformações**, os dois modos de pensar associados as formas de falar que aparecem na análise desse episódio.

O episódio 2EM mostra a transcrição de um trecho do debate no qual o eixo temático de condição era as diferentes classificações da energia, quanto a natureza e fonte de origem, abordado na terceira situação-problema: **Existem diversos tipos de energia que são discutidos no cotidiano e na ciência. Arias, em 2005, sugere que**

podemos classificar a energia quanto à natureza e quanto a fonte de origem. A) Como você classificaria a energia quanto à natureza? Dê exemplos; B) Como você classificaria a energia quanto a fonte de origem? Dê exemplos; C) Essas manifestações de energia se diferenciam de que forma? São diferentes ou manifestações distintas da mesma coisa?

. O quadro 38 apresenta o episódio 2EM:

Quadro 38: Episódio 2EM – O Sol

SP	Terceira situação-problema (Segundo Ano – Ensino Médio) Contexto: Classificação da energia quanto a natureza e fonte de origem
Turno	Fala
1	P. ... Ok. Ótimo. Grupo 2, vocês podem começar a terceira situação?
2	Vários falando simultaneamente
3	EM2.1 Essa daí, é como se tivesse uma energia central. Essa energia central vai se transformando para todas as outras, que é como se tivesse uma única energia e ela pode ser transformada em todas as outras. É... todas as energias são parecidas porque podem ser transformadas entre si.
4	P. Certo. Mais alguém? Como é que entenderam aí essa terceira situação?
5	EM3.1 Fala sobre a energia a natureza, como a solar, térmica. No caso, a fonte dessas energias seria o sol, mesmo, o vento, seria a fonte de energia que vai se transformar em tantas outras. E a gente pode conhecer e até transformá-la. É... e é isso. No caso, seria energia hidráulica (hidroelétrica), solar, térmica e a eólica que podem ser transformadas em outras.
6	EM1.2 No caso, aqui, a energia, é, são manifestações distintas das mesmas coisas. Que elas podem vir de várias formas, mas no final vai ser energia. É isso.
7	P. Essa questão que se faz aí sobre origem e fonte, a fonte e a forma de energia. Como é que vocês entenderam isso?
8	EM1.1 Tipo, a fonte de energia, tipo, é, a energia solar, a sua fonte seria o sol, é...
9	EM2.2 Não.
10	EM1.2 Não? Por que não?
11	P. É sim.
12	EM2.2 Porque, no sol, sofre uma combustão ali: hélio e hidrogênio pra transformar na energia solar.
13	P. Então o início não é no sol, é nos processos que acontecem no sol?

14	EM2.3 Só que existe um processo pra fazer esse outro ocorrer.
15	P. Mas, qual é a fonte?
16	Vários falam simultaneamente: "O SOL!!"

Fonte: Própria

A terceira situação-problema, que tinha como contexto as classificações da energia quanto a natureza e fonte de origem. Não foi uma discussão que permitiu a emergências de muitos modos de pensar a partir das formas de falar, mas que foi significativo na discussão das outras situações-problema.

No turno 3, o estudante EM2.1 apresenta uma visão bastante interessante: postula a existência de uma forma de energia majoritária, que chama de central, e que "...vai se transformando para todas as outras, que é como se tivesse uma única energia e ela pode ser transformada em todas as outras." Essa visão pode ser entendida como uma forma de falar associada ao modo de pensar a **energia como uma quantidade que se conserva, mas de natureza pouco conhecida**, uma visão científica do conceito de energia.

A maior parte da discussão dessa etapa do debate foi centrada na apresentação de diferentes fontes tipologias de energia, quanto a origem: o sol (turno 5, turno 8, turno 16), o vento (turno 5), hidroelétricas (turno 5) e quanto a natureza: energia solar (turno 5, turno 8), térmica (turno 5) e eólica (turno 5). A classificação da energia quanto a natureza e fonte de origem é importante para compreender os processos de conversão de energia, que pode ajudar a compreender a **energia como algo que se conserva** (ARIAS, 2002; ARIAS, 2005).

Essas classificações da energia são muito usais em esferas não científicas de comunicação, portanto, um discurso mais relacionado ao senso comum fica claro nos turnos de fala de 1 até 11. No turno 12, EM2.2 relaciona a energia do sol a processos que ocorrem em sua superfície. Segundo o estudante, no sol, ocorre "...uma combustão ali. Hélio e Hidrogênio para transformar na energia solar". Nesse turno, percebemos uma aproximação do discurso científico, embora exista um erro conceitual em relação ao processo que ocorre no sol, que não é uma combustão, mas um processo de fusão nuclear.

Nesse episódio, as formas de falar convergem para modos de pensar a energia como a algo que existe e se transforma em diferentes formas (tipos), quando ocorrem processos físicos, químicos e bioquímicos. Ainda, a **energia é entendida como algo**

que se conserva.

O episódio 3EM, o terceiro episódio selecionado da transcrição da discussão na turma de Segundo Ano do Ensino Médio tem como eixo condutor da discussão a quarta situação-problema, a energia associada ao misticismo e questões espirituais e sobrenaturais. O quadro 39 apresenta o episódio:

Quadro 39: Episódio 3EM – Energia pode se transformar em todas as outras?

SP	Quarta situação-problema (Ensino Médio) Contexto: Energia em uma perspectiva pseudocientífica, associada ao misticismo e questões espirituais e sobrenaturais
Turno	Fala
1	EM4.2 É mais de metafísica . É metafísica, física quântica . E é tipo uma energia que não é muito conhecida, e é no meio... tem um trabalho que é terapeuta-holístico que envolve esses cristais ... alguns cristais podem curar e outros cristais podem trazer, é, o avanço para a pessoa em si.
2	EM2.1 A quarta questão é psicológica , que não pode ser provada cientificamente. Foi criada pelo meio popular, pelas pessoas, para que uma conseguisse influenciar a outra, de forma que ela acha que a outra deve seguir o caminho.
3	EM2.3 E (Inaudível) tivesse qualquer forma de ganho.
4	EM3.1 No caso, não há prova que ela existe cientificamente. Ela é meio que, algo... pessoal. Se você quiser acreditar ou não. (Inaudível) uma energia espiritual. É, vem da pessoa, se você quiser acreditar, você acredita. Mas você não tem nenhuma prova científica de que ela existe.
5	P. Grupo 1, sobre a quarta situação, alguma coisa?
6	EM2.4 Na verdade, é tipo, é... quando a ciência não consegue provar aquilo, aí se torna quase inexistente. Aí, como ela não consegue provar algumas coisas, aí é tipo como se fosse descartado pra algumas pessoas, tá entendendo?
7	EM1.1 É basicamente isso. É... quando, tipo, a energia dos cristais, a gente tem, ainda consegue comprovar, mas o... no caso, a energia corresponde também... a energia, tipo, a gente ainda consegue... esse termo científico, é porque a gente ainda consegue enxergar um pouco se... futuramente, a gente poderia conseguir extrair energia cósmica, a energia dos cristais que a gente... acho que a gente consegue fazer isso hoje em dia, e o místico e o sobrenatural a gente não consegue porque a gente não entende essa parte. Tipo, a ciência não explica...

8	EM2.3 Ele está se referindo aí ao misticismo. Então, eu acredito que quando se refere à energia cósmica, ele fala sobre o entendimento de signos, esse tipo de coisa. Então tu achas que nós seríamos capazes de extrair energia elétrica, por exemplo, de... do cosmo de um signo, escorpião, áries ou algo assim?
9	EM1.1 E signo existe?
10	EM2.3 Ham?
11	EM1.1 Signo existe?
12	EM2.3 Então, quero saber se é a discussão.
13	EM2.1 Quando tu vê uma pessoa com a bola de crista, um exemplo, “ah, vou descobrir o teu futuro”, aquele tipo de energia que a pessoa aparenta mostrar pra tu, é uma energia meio psicológica . Ou seja, tu achas que a energia que a pessoa tá dizendo ali que tem ali, tu acha que ela vai conseguir transformar aquela energia que ela tá dizendo em outra forma de energia?
14	EM1.1 Não.
15	EM2.2 Tem gente que diz que sente Deus. Tem gente que diz que não sente.
16	EM3.2 Porque no caso a energia pode se transformar em todas as outras. Se ela existe, ela se transforma em todas as outras.
17	EM2.3 Só que no que ele tá falando não foi provada, entendesse?
18	EM4.2 Hoje em dia, a gente já vê algumas clínicas que já utilizam, já, esses...

Fonte: Própria

No episódio 3EM vemos enunciados que se aproximam do discurso de outro, exemplificado no turno 1, quando o estudante EM4.2 comenta sobre a profissão do terapeuta-holístico. Esse discurso mostra uma intertextualidade com o discurso da situação-problema e de materiais de divulgação e midiáticos sobre os terapeutas holísticos e energizadores. Possivelmente o estudante EM4.2 ouviu falar dessa função, mas sem conhecer bem os termos utilizados, parece reproduzir um discurso citado, com palavras incorporadas ao seu discurso, mas sem ter um significado sobre elas.

Uma discussão recorrente durante todo o episódio é em relação a natureza não-científica dessa forma de falar sobre o conceito de energia. Os estudantes entendem que a ciência não pode provar essa ideia sobre energia, e tentam justificar a sua existência. No entanto, eles assumem, sem o respaldo do discurso autoritário da ciência no contexto da sala de aula, que este não apresenta o mesmo poder explicativo dos outros modos de pensar. Podemos ver exemplos no turno 1, em que

o que cita o trabalho dos terapeutas holísticos: “E é tipo uma energia que não é muito conhecida, e é no meio... tem um trabalho que é terapeuta-holístico que envolve esses cristais...”, no turno 4, que afirma a existência dessa energia espiritual, mas que pode ser desacreditada, uma vez que não tem a força do discurso científico, e, por fim, o turno 6, reforça ainda mais a autoridade do discurso científico: “quando a ciência não consegue provar aquilo, aí se torna quase inexistente”. Destacamos a fala do estudante EM2.3, no turno 8, quando associa essas ideias ao misticismo associado ao senso comum e sem compromisso com critérios científicos.

Os estudantes do Ensino Médio aceitam bem a visão pseudocientífica e parecem associar a visão de **energia como algo espiritual e místico**, como ligadas ao metafísica (turno 1), misticismo (turno 7 e 8) e, de maneira equivocada, à física quântica (turno 1) e psicologia (turnos 2, 13). A associação última citada pode estar associada a uma visão da psicologia não como ciência, mas algo mais de senso comum.

Um bom questionamento surge no turno 16: se é particular da energia se converter em seus diversos tipos de manifestação, porque essa **energia que é entendida como algo espiritual ou místico** não se transforma em nenhuma das outras formas conhecidas, por exemplo, energia térmica, química e cinética? Isso pode apontar uma compreensão dos diferentes modos de pensar e das diferentes formas de falar sobre o conceito de energia, e que encontram significado apenas nos contextos específicos, ou seja, a energia nesse domínio pseudocientífico não é a mesma energia estudada na ciência, portanto, não são conversíveis.

O último episódio analisado para a turma do segundo ano do Ensino Médio, nomeado 4EM, tem como foco a discussão sobre a quinta situação-problema na turma do Ensino Médio, apresentada no quadro 40:

Quadro 40: Episódio 4EM – Ao infinito e além!

SP	Quinta situação-problema (Ensino Médio) Contexto: Energia em termos das propriedades de conservação e degradação tomando como cenário o processo de queima de combustível automotivo
Turno	Fala
1	EM2.3 A crise energética, ele se refere à falta de energia elétrica. Então, a energia que se conserva não é só, não é, hum, não se refe... não fala

	<p>somente de energia elétrica, porque a energia ela se transforma. Então, a fonte de energia que seria uma fonte de energia, a primeira fonte de energia, ela gera uma outra que gera outra que gera outra e aí vai acabar gerando energia elétrica. E a crise energética, aqui no Brasil, é desse tipo de energia, a elétrica, não a energia em si.</p>
2	<p>EM4.1 É mais ou menos que em determinados momentos, tem mais é, tem mais um tipo de energia que a outra. E quando tá dizendo que tá em crise energética, tá em crise energética da energia que a gente quer. Mas, ainda continua tendo uma quantidade grande de energia, porém em outra forma.</p>
3	<p>EM4.2 Porque a energia se transforma. Ela não fica só na, na sua fonte principal.</p>
4	<p>EM4.3 Ela não se perde</p>
5	<p>EM4.2 É, ela não se perde.</p>
6	<p>EM1.1 Essa questão da crise energética no Brasil é porque a gente não explora os outros tipos de energia. Por exemplo, normalmente aqui, como a gente vive num... num clima subtropical, a gente tem uma energia solar melhor do que nos outros cantos. A gente consegue, se a gente produzir mais ou, sei lá, colocar mais placas voltaicas por aí, a gente consegue energia solar. Mas, se tiver num dia nublado, a gente não vai conseguir tanta energia solar como em um dia ensolarado. Tipo, a questão da seca também... senão chover a gente não vai ter energia das hidrelétricas porque os reservatórios vão secar e não vai conseguir produzir tanta energia. E a questão da umidade também varia, porque se em um certo canto o vento não vai conseguir circular totalmente, a gente não consegue produzir energia eólica.</p>
7	<p>EM1.2 Eólica.</p>
8	<p>EM4.3 Eu acho que vai depender muito de que tipo de energia seja. Eu acredito que a energia, sim, acabe, ela vem a acabar, mas vai depender muito do tipo de energia. É... Por exemplo, na outra pergunta, ele fala sobre combustível, de que também é um tipo de energia. Que se um litro de, de combu... de energia de combustível é... possível movimentar o carro por alguns metros, é... quando esse e... que... o porquê de que ele não pode movimentar esse, esse carro por.. pra sempre. Porque, tipo, o combustível, uma hora ele vai ter que acabar. Então, quando o combustível acaba, a energia também vai acabar. Então, o carro vai parar de...</p>
9	<p>EMX A energia é transformada.</p>

10	EM4.3 Sim, mas de todo jeito. Tendo a combustão parando, então a combust..., a energia daquela combustão também vai parar. Então, o carro não vai ter como se movimentar mais.
11	EM2.1 A energia do combustível não vai acabar, vai ser transformada em outro tipo de energia, que é na cinética e na sonora.
12	Vários falando simultaneamente
13	EM3.1 No caso, a energia mecânica vai se transformar na cinética, na térmica, na sonora... e ela vai se acabanado quando ela vai se transformar em outra e vai se, vai se perder na (inaudível) do carro (gestos). Ela vai sair do carro e vai, enfim... (gestos).
14	EMX Pro universo.
15	EM3.1 Pra Natureza.
16	EMX Ao infinito e além.
17	EM4.3 Sim, então ele continua o movimento do carro?
18	Vários falando simultaneamente
19	EM2.3 A energia se transforma em outra energia.
20	EM3.1 Toda a energia mecânica se transformou na cinética, na sonora e na térmica.

Fonte: Própria

Logo no primeiro turno desse episódio, EM2.3 associa a crise energética citada na situação-problema com a falta especificamente da energia elétrica, uma das mais utilizadas para proporcionar uma melhor qualidade de vida para o homem, que pode ser associada a um **modo de pensar funcional/utilitarista**. EM4.1 apresenta uma fala convergente, quando afirma que a crise energética é sempre associada à "...energia que a gente quer". Essa discussão é retomada por EM1.1 no sexto turno, apresentando possibilidades de obtenção de energia que pode ser convertida em energia elétrica e diminuir os efeitos de uma eventual crise energética.

Destacamos ainda no primeiro turno de fala, que estudante EM2.3 começa em uma visão utilitarista da energia, centrada na energia elétrica, mas logo **modifica o modo de pensar para falar sobre conservação da energia**.

No turno 8, o estudante EM4.4 comenta: "Eu acredito que a energia, sim, acabe, ela vem a acabar, mas vai depender do tipo de energia. Apresenta o exemplo citado na letra b da situação-problema, relacionada a combustíveis automotivos e a possibilidade de movimento perpétuo, se o princípio da conservação for entendido,

mas sem considerar a ideia da degradação. No turno seguinte, um estudante que não pôde ser identificado na transcrição comenta: "a energia é transformada". O comentário faz emergir a ideia de degradação ou dissipação da energia, que aparece na fala de EM2.1, no turno 11: "A energia do combustível não vai acabar, vai ser transformada em outro tipo de energia, que é na cinética e na sonora". A mesma ideia é levantada por EM3.1, no turno 13, quando afirma: "... e ela (a energia) vai se acabando quando ela vai se transformar em outra e vai se, vai se perder na (inaudível) do carro...".

A visão da **energia como algo que se conserva** aparece na fala "ela não se perde", enunciada por EM4.3 e EM4.2 nos turnos 3 e 4, respectivamente. Nos turnos 19 e 20, a ideia de conservação da energia e degradação em tipos não úteis de energia aparece mais próxima da linguagem científica, quando os estudantes comentam: "A energia se transforma em outra energia" (EM2.3) e "Toda a energia mecânica se transformou na cinética, na sonora e na térmica".

No contexto apresentado pela quinta situação-problema, observamos que os estudantes do Ensino Médio investigados reconhecem os processos de conservação e degradação da energia, mesmo utilizando um discurso mais próximo do senso comum, da percepção (turnos 4, 5 e 9), embora eventualmente exista a aproximação de um gênero do discurso científico (turnos 11, 19 e 20).

No turno 8, ainda podemos perceber uma visão de energia como algo armazenado na sua fonte, o combustível. Essa visão pode ser associada a **energia como algo material**, armazenado no combustível utilizado pelo carro para se mover.

No último episódio analisado, percebemos formas de falar que podem ser associados aos seguintes modos de pensar: **energia funcional/utilitarista**, **energia como algo material** e principalmente **energia como algo que se conserva**.

Assim como na análise dos questionários, percebemos que todas os modos de pensar o conceito de energia apresentados na matriz proposta e, conseqüentemente, na proposição inicial do perfil conceitual para o conceito físico-químico de energia, aparecem nos episódios selecionados para a análise.

Uma síntese dos diferentes modos de pensar a energia que foram identificados nas respostas dos questionários e na análise dos episódios durante as interações discursivas está apresentada no quadro 41. Destacamos que a segunda situação-problema não teve episódios analisados para a turma do Ensino Médio e que a terceira

situação-problema não foi analisada para as Licenciaturas em Física e Química por não ter emergido muitos modos de pensar sobre a energia.

Quadro 41: Síntese das Formas de Falar e Modos de Pensar a Energia nos dados da sala de aula

Forma de Falar	1Q	3Q	4Q	1SP	2SP	3SP	4SP	5SP
Funcional/ Utilitarista	LQ EM	LQ EM	LQ LF EM					EM
Agente Causal das Transformações	LQ LF EM		LQ LF EM	LQ EM	LQ LF		LQ	LQ
Movimento/Atividade Óbvia	LQ LF EM		LQ LF EM	LF	LF			LQ
Algo Material		LQ		LQ LF EM				LF EM
Grandeza que se Conserva	LF EM	LQ LF EM	LQ LF			EM		LQ LF EM
Místico, Esotérico e Espiritual			LQ EM				LQ LF EM	

Fonte: Própria

A forma de falar associada a um modo de pensar a energia como agente causal das transformações foi identificado em todas quase todas as questões e situações-problema analisadas, com exceção da terceira questão e da terceira situação-problema, mas para essa a explicação é simples: apenas um episódio, da turma do segundo ano do Ensino Médio, foi escolhido para análise. Esse modo de pensar é identificado principalmente nas respostas e falas dos estudantes da licenciatura em Química, o que pode ser justificado pela abordagem da energia em fenômenos físicos e químicos, na termodinâmica química: a energia existe para que os processos, sejam endotérmicos ou exotérmicos, possam ocorrer mediante absorção ou liberação de calor pelo sistema em estudo.

Embora as respostas e falas dos estudantes da licenciatura em Física esteja mais próxima da linguagem científica, a visão da energia como grandeza que se conserva nas transformações é bem evidente em todas as turmas participantes da pesquisa, mesmo entre alunos da licenciatura em Química e estudantes do Ensino Médio, que apresentaram durante toda a investigação uma linguagem mais próxima

do senso comum, embora muitas vezes utilizando termos advindos da linguagem científica.

Essa aproximação com a linguagem científica pode ser a razão para que o modo de pensar a energia de maneira funcional ou utilitarista, na turma da licenciatura em Física, ter sido identificado apenas na quarta questão e por apenas um dos estudantes inqueridos. Nas turmas de licenciatura em Química e Ensino Médio essa visão foi identificada em maior número de ocorrências, embora que nas situações-problema, talvez pelos contextos escolhidos, apenas na quinta situação-problema, para a turma do Ensino Médio, pudemos identificar formas de falar que podem ser associadas a esse modo de pensar o conceito.

Nos episódios 3LQ, 3LF e 3EM, que mostram as discussões no debate na abordagem da quarta situação-problema, focada nas questões místicas, esotéricas e espirituais, esse modo de pensar o conceito de energia foi identificado em diferentes falas, sob influência do contexto apresentado. Quando questionados sobre a crença nessa forma de energia, os alunos da licenciatura em Física foram quase que unânimes, com exceção do estudante LF4, em afirmar que não acreditavam na energia nesse contexto. Os estudantes da licenciatura em Química e do Ensino Médio são mais receptivos a esse modo de pensar o conceito de energia. A relação com o conceito de energia, que é mais amplamente discutido na formação do licenciado em Física, pode ser a razão para tal observação.

A energia como movimento ou atividade óbvia, modo de pensar que tem grande relação com a controvérsia da vis-viva (ILTIS, 1971; ORNELAS, 2006; SMITH, 2006) foi identificada principalmente nas turmas da formação inicial de professores. Esse modo de pensar é muito associado ao conceito de força e com a definição encontrada para energia na maioria dos livros técnicos, científicos e didáticos, o que pode explicar a grande ocorrência entre os estudantes da licenciatura em Física.

Por fim, o modo de pensar o conceito de energia como algo material é identificada nos questionários apenas entre os estudantes da licenciatura em Química, mas formas de falar que podem ser associadas a essa visão puderam ser identificadas em todas as turmas analisadas no debate sobre as situações-problema, em específico na primeira e na quinta situação-problema, nas quais os alimentos e os combustíveis, respectivamente, são vistos como energia ou como corpos ou substâncias que são capazes de armazenar energia

Desta forma, a partir do diálogo entre as fontes distintas de dados, que fazem referência aos diferentes domínios genéticos relacionados ao conceito de energia, podemos propor, na próxima seção, os possíveis compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que vão individualizar as zonas, considerando os contextos e o valor pragmático associado a cada um desses modos e, então, propor uma proposta final, para esse trabalho de doutorado, do perfil conceitual para o conceito físico-químico de energia.

6.3 Uma Proposta para o Perfil Conceitual de Energia nos contextos do ensino da Física e da Química

O perfil conceitual para o conceito de energia nos contextos do ensino da Física e da Química proposto nesse trabalho possui seis zonas, que correspondem a diferentes modos de pensar o conceito e que foram identificadas a partir dos domínios genéticos de Vigotski (WERTSCH, 1988), utilizando as diversas fontes de dados elencadas pela metodologia de proposição de um perfil conceitual (MORTIMER e EL-HANI, 2014).

Buscamos na literatura as fontes históricas secundárias para entender contextos de diferentes épocas nos quais o conceito em tela teve significados estabilizados distintos e os trabalhos acerca das concepções informais dos estudantes de diferentes níveis. A própria natureza desses trabalhos, geralmente apresentando uma tipologia de concepções distintas auxiliou bastante na identificação de possíveis zonas, a partir da composição da matriz de modos de pensar e formas falar o conceito de energia.

Na figura 5 apresentamos as zonas do perfil conceitual para o conceito de energia, no contexto do ensino da física e da química, identificadas no tratamento dos dados obtidos nessa pesquisa:

Figura 5: O perfil conceitual para o conceito de energia nos contextos de ensino da Física e da Química



Fonte: Própria

As duas primeiras zonas do perfil conceitual de energia podem ser descritas como zonas não-científicas, associadas aos contextos do misticismo, esoterismo e/ou espiritual (energia como algo espiritual ou místico) e a ideias do senso comum (energia funcional/utilitarista), por isso apresentadas em primeiro e segundo lugar. A última zona (energia como grandeza que se conserva) está associada a contextos científicos, nos quais a energia é entendida como uma grandeza de natureza pouco conhecida, mas que se conserva, pode degradar e é associada ao movimento dos componentes microscópicos da matéria. As zonas intermediárias (energia como movimento/atividade óbvia, energia como algo material e energia como agente causal das transformações) está associada a modos de pensar e formas de falar que podem ser utilizados em contextos científicos e não-científicos, com valor pragmático. Dessa forma, não apresentamos para essa proposta de perfil conceitual uma hierarquização de zonas bem definida, mas que pode ser percebida a partir das inferências aqui apresentadas.

Apresentaremos cada zona, explicando o que fundamenta sua individualização e apontando compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos que direcionam a sua distinção.

6.3.1 Energia como Algo Espiritual ou Místico

Um dos modos de pensar identificado a partir das formas de falar sobre o conceito de energia é o entendimento da energia como algo místico, esotérico e/ou

espiritual. Em alguns contextos, como na abordagem religiosa ou na tentativa de explicar fenômenos sobrenaturais, por exemplo, na discussão sobre a composição da alma ou espírito ou na busca por processos de energização de ambientes, para alcançar harmonia e paz ou afastar entidades malignas, essa forma de pensar o conceito de energia assume um valor pragmático considerável, existindo profissões que se baseiam nesse entendimento, como energizadores, leitores de alma e até mesmo caçadores de fantasmas e espectros.

Uma das justificativas para o contexto em que esse modo de pensar a energia tem valor pragmático está no poder midiático inferido as pseudociências (ARIAS, 2005; TOLENTINO, 2012), campo de conhecimento que Bunge (2012) define como uma doutrina ou prática que usa a ciência, mas despida do fundamento científico, sendo excelente contraponto para as filosofias das ciências.

Numa proposta de tipologia para as concepções informais dos estudantes apresentada por Quadros e Santos (2007) e Simões Neto e Amaral (2014), esses modos de pensar aparecem como a designação do conceito de energia com quantidade não mensuráveis, de existência não científica, um adendo as tipologias apresentadas em trabalhos clássicos como o de Watts (1983).

Para fundamentar essa zona, buscamos o compromisso epistemológico associada a ideia de vitalismo. Tal ideia, na história da ciência e filosofia, surge com Georg Ernst Stahl (1660 – 1734), embora já existisse como ideia difundida desde muito antes (COSTA, 1998). O conceito mais aceito para vitalismo defende a existência quase real de um ou mais elementos imateriais que constituem os seres vivos e exercem domínio em suas atividades conscientes ou inconscientes.

Para Bunge (2012), trata-se de uma doutrina idealista e holística, segundo a qual o que distingue os seres vivos dos não-vivos é uma entidade imaterial, ou seja, sem características substancialista, e que não pode ser entendida pela ciência normal, dessa forma, permanecendo misteriosa.

Na definição dessa zona, podemos também pensar em um compromisso axiológico, relacionado aos valores que os indivíduos atribuem as coisas (DALRI, 2010). Os valores espirituais, sejam relacionados a religião ou misticismos de cada indivíduo são bastante significativos para o reconhecimento desse modo de pensar o conceito de energia, ou seja, o objeto energia, para os contextos específicos de utilização.

Assim, podemos entender que em contextos nos quais essa visão de energia tem valor pragmático, como essa entidade imaterial, que se relaciona ao dualismo bem e mal, aos fenômenos místicos e sobrenaturais, religiosos e também relações interpessoais.

Destacamos que essa zona do perfil conceitual pode incluir aspectos de uma visão de energia pseudocientífica, como amplamente encontrado nos trabalhos sobre as concepções informais do conceito, mas também em domínios do misticismo e da religião, que surgiram principalmente na análise das interações discursivas em sala de aula, sem a pretensão de entender todas essas manifestações como uma só.

6.3.2 Energia Funcional/Utilitarista

Nessa zona, situamos as concepções de energia como algo que é útil e que pode ser usado para garantir conforto aos seres humanos, mas sem nenhuma preocupação com a elucidação da sua natureza ou propriedades sob a ótica da ciência. Nesse modo de pensar a energia, ela é entendida como algo que existe e que serve para que tenhamos mais conforto e possibilidades de modificação do mundo. A utilização de combustíveis nos veículos automotores, para ampliar a possibilidade de deslocamento, a utilização da energia elétrica para iluminação e funcionamento dos eletrodomésticos e a energia térmica que emana de uma fogueira para aquecer nossos corpos em dias frios, em um acampamento, são exemplos desse modo de pensar o conceito.

Na proposição do perfil conceitual para o conceito de calor, Amaral e Mortimer (2001) afirmam que o simples fato de estar em uma situação na qual a experiência das sensações de quente e frio não necessariamente produz reflexões sobre a natureza do calor. Os autores associam essa postura ao obstáculo da primeira experiência de Bachelard (1996), que é apontado como o obstáculo inicial à cultura científica, pois é naturalmente mais imagético, concreto e fácil. Desta forma, para o conceito de calor, podem existir elaborações não aprofundadas que estão restritas ao nível das sensações, associadas as ideias de senso comum, e que correspondem a zona realista do perfil conceitual de calor.

Na história da humanidade, as primeiras utilizações da energia remetiam a esse pensamento, funcional, buscando a utilidade da energia, sem sequer entender algo sobre a natureza do conceito. Isso fica claro nos exemplos do aquecimento pela

queima de material biológico nas fogueiras, pela utilização de máquinas rudimentares movidas a trabalho braçal ou tração animal ou, posteriormente, a utilização de dispositivos para geração luminosa. Alguns grupos de concepções informais apresentados por Watts (1983), Trumper (1994) e Pacca e Henrique (2004) trazem a ideia de energia como algo funcional/utilitarista.

Assim, como fizeram Amaral e Mortimer (2001), associamos essa visão a um compromisso epistemológico realista de senso comum, também chamado de realismo ingênuo, que para Bunge (2012), trata-se de uma forma de pensamento que é deveras efetiva contra a fantasia desenfreada de um lado e contra o ceticismo radical de outra, mas que é insuficiente para enfrentar as exigências do rigor científico e tecnológico de formas mais elaboradas de pensamento.

Nos dados obtidos nas salas de aula durante a pesquisa, tal modo de pensar o conceito de energia, no ensino da Física e da Química, emergiu em diversos contextos, pois basta reconhecer a energia como algo útil, sem se preocupar com sua natureza e definição, que estamos mobilizando tal forma de pensar.

6.3.3 Energia como Movimento/Atividade Óbvia

Percebemos de maneira bastante recorrente a associação feita entre o movimento e a energia, em um pensamento que pode ser resumido na seguinte expressão: “Todo corpo que está em movimento, possui energia. Todos os corpos que não estão em movimento não possuem energia”.

No desenvolvimento da história do conceito de energia na ciência é marcado pela controvérsia da *vis-viva*, quando ainda não se conhecia bem a distinção entre os conceitos de força e energia, e tais ideias eram utilizadas para tentar encontrar uma justificativa para o movimento dos corpos, a partir das ideias (não tão) distintas de Descartes e Leibniz (ILTIS, 1971; ORNELLAS, 2006). A associação entre o complexo conceitual força-energia e o movimento parece ser bastante forte e presente nas falas dos estudantes.

Associamos também a essa zona a definição clássica de energia, encontrada em livros e utilizadas na discussão do conceito em esferas acadêmicas, mesmo sendo internamente contraditória, como mostrou Arias (2002, 2005): “energia é a capacidade de realizar trabalho”. Entendendo o trabalho do ponto de vista mecânico, a própria

definição usual em contextos científicos apresenta uma relação direta com esse modo de pensar o conceito.

No estudo das concepções informais, essa visão é constantemente encontrada. De fato, existe uma forma de falar a energia como uma entidade relacionada ao movimento, que emerge em palavras como vento, velocidade, exercícios e esforço físico (BAÑAS, MELLADO e RUIZ, 2004), diretamente ligada ao movimento dos objetos (ASSIS E TEIXEIRA, 2003) e que pode ser associada as bases do mecanicismo (MICHINEL e D'ALESSANDRO, 1994), que reconhecemos como compromisso epistemológico para fundamentar essa zona.

Para Bunge (2012), o mecanicismo foi a primeira cosmovisão da ciência moderna, que influenciou o pensamento dos cientistas da época em buscar uma generalização de pensamento aportado na mecânica, a agora parte da física que estuda os movimentos. Assim, um modo de pensar a energia que está intimamente relacionado ao movimento dos corpos, no sentido de que só existe energia se os corpos estiverem em movimento, parece ser bem justificada por esse compromisso epistemológico.

6.3.4 Energia como algo Material

Pensando no calor como uma forma de energia, uma disputa marcante na história da ciência foi a controvérsia calor x movimento, ou seja, a disputa entre a teoria mecanicista e a teoria substancialista do calor (SOUZA e JUSTI, 2012). Essa visão de energia como algo material foi bastante forte durante o período de ascensão e apogeu da teoria do calórico, sendo o calórico inclusive incluído no rol de substâncias classificadas por Lavoisier no Tratado Elementar de Química. Essa controvérsia só passa a ser resolvida quando do estabelecimento do princípio da conservação da energia, com os trabalhos do conde Rumford e outros cientistas europeu (MELO, 2014).

A energia é vista como algo de existência material ou quase material em diversos trabalhos sobre as concepções informais dos estudantes. Destacamos os trabalhos de Driver e colaboradores (1994) e Pacca e Henrique (2004), que apresentam tipologias específicas para esse modo de pensar o conceito. O primeiro aponta duas categorias, a saber: fluído, ingrediente ou produto e combustível, na qual o substancialismo assume característica extrema e o combustível é visto como própria

manifestação da energia. Já no segundo trabalho, aparece a categoria energia como substância, que associa a energia a algo que tem existência material ou quase material e que pode ser armazenada nos materiais.

Assumimos um compromisso epistemológico substancialista para fundamentar essa zona. Mesmo sem muita utilização na ciência atual, o substancialismo resiste na linguagem empregada para descrever processos, como nos termos capacidade calorífica e diagramas de fluxo de energia, que tem valor pragmático em determinados contextos científicos e tecnológicos, na engenharia, por exemplo, para melhor entendimento de alguns fenômenos.

Conforme podemos observar nos exemplos apresentados no final do parágrafo anterior, o substancialismo é considerado e recorrente nas formas de falar sobre a energia dos processos químicos (AMARAL e MORTIMER, 2001). Destacamos também a possibilidade de a energia ser armazenada e entendida como uma substância, como é comum no estudo das ligações químicas (BOO, 1998; FERNANDEZ e MARCONDES, 2007), principalmente a quebra das ligações entre oxigênio e fósforo na molécula de ATP, devido à importância biológica do processo.

Em determinados contextos de utilização uma forma de falar associada ao modo de pensar a energia como algo material ganha valor pragmático destacado, em áreas de atuação profissional de engenheiros (AMARAL e MORTIMER, 2001) e técnicos de refrigeração (ARAÚJO, 2014).

6.3.5 Energia como Agente Causal das Transformações

Essa zona está associada ao modo de pensar a energia como algo que possibilita a ocorrência de diversos fenômenos da natureza, servindo como mecanismo de disparo, ou seja, tal fenômeno só pode acontecer se a energia estiver disponível para ativar tal transformação.

Historicamente, podemos observar um indício desse modo de pensar a energia na metafísica aristotélica, contexto em que surgiu o termo energia, a partir da noção de potência-ato, na qual apenas com as virtudes da *energeia* que determinado objeto poderia partir do seu estado potencial para seu estado final. Essa semelhança entre a ideia de potência-ato pode ser percebida ao tentar explicar os fenômenos apresentados na segunda situação-problema da intervenção didática: todos os

processos podem ser explicados pela ideia da atuação da energia permitindo o início e continuidade das transformações.

Os principais trabalhos sobre concepções informais dos estudantes acerca do conceito de energia dão destaque a essa visão: Watts (1983), Driver e colaboradores (1994), Trumper (1994) e Pacca e Henrique (2004) comentam e apresentam definições para o entendimento da energia em estrutura de causa, ou seja, a visão na qual a energia é pensada em termos da possibilidade em fazer com que determinado fenômeno possa ocorrer. Associada a essa visão, também aparecem formas de falar a energia como um componente ou produto que participa ou é formado nos processos, mas sempre relacionados com a causa.

Para Bunge (2012), o determinismo é uma doutrina ontológica segundo a qual tudo que ocorre é motivado por leis ou por desígnios. Ele aponta dois tipos de determinismo: tradicional, que admitia apenas determinação causal, teleológica ou divina e o científico contemporâneo.

Para a constituição da zona energia como agente causal das transformações, relacionamos esse modo de pensar o conceito de energia com o determinismo causal, que apresenta a ideia de que todo evento tem uma causa específica. Isso é verdade em algumas condições, uma vez que existem processos espontâneos, como as atividades neurais e a desintegração radioativa (BUNGE, 2012). Assim, a visão da energia como algo que pode causar transformações físicas, químicas e bioquímicas está associada a esse compromisso determinista.

6.3.6 Energia como Quantidade que se Conserva

Esse último modo de pensar é associado a contextos de aplicação mais científicos, nos quais a energia pode ser entendida como o produto do movimento dos componentes microscópicos da matéria, destacando dois conceitos associados fundamentais: a conservação e a degradação da energia.

O princípio da conservação da energia pode ser entendido como a impossibilidade de a energia ser criada ou destruída em qualquer processo, sendo unicamente transformada. Esse princípio está associado a primeira lei da termodinâmica.

Já a ideia de degradação ou dissipação da energia está relacionada a transformação da energia utilizada em processos naturais em uma forma de energia

que não é útil para a realização deste ou de outro processo. A energia não deixa de existir, não é destruída, mas se transforma em uma forma que não é interessante para o processo em tela.

Associamos essa zona do perfil conceitual de energia no contexto do ensino da Física e da Química a um compromisso epistemológico racionalista. Na filosofia, chama-se racionalismo o ponto de vista epistemológico que atribui à razão ou ao pensamento, a fonte única, posteriormente principal, de conhecimento humano. Segundo o racionalismo, um conhecimento só pode receber essa alcunha se for necessário, ou seja, útil, e tiver validade universal (HESSEN, 1925/2012).

Para Bunge (2012), o racionalismo pode ser traduzido como a confiança na razão. Uma boa apresentação do racionalismo, em sua oposição histórica ao empirismo, é apresentada por Besnier (1996, p. 34-35):

O racionalismo extrai as conclusões dessa exigência: a experiência não faz senão provocar as leis gerais do espírito (por exemplo, os princípios de identidade, de não contradição e do terceiro excluído), enquanto o empirismo procura provar a origem decididamente experimental de todas as nossas ideias (por exemplo, inventando um mecanismo corpuscular capaz de produzir, a partir dos elementos últimos da realidade, as ideias do nosso cérebro.

Hessen (1925/2012) associa a origem do pensamento racionalista ao domínio da matemática. Para o autor, o racionalismo pode ser entendido a partir da afirmação: “se minha razão julga que deve ser assim, que não pode ser de outro modo e que, por isso, deve ser assim sempre e em toda parte, então (e só então), segundo o modo de ver do racionalismo, estamos lidando com um conhecimento autêntico” (p. 48).

O pensamento racionalista passou por várias modificações, desde o pensamento platônico até formulações do século XX, como a visão de racionalismo de Bachelard (1996). Para Amaral e Mortimer (2001), para a consideração de um pensamento racionalista, deve-se estar disposto a abandonar a simplificação e aceitar a complexidade. Assim, o conceito de energia numa visão racionalista deve se constituir para além de um “simple elemento primitivo de uma experiência imediata” (AMARAL e MORTIMER, 2001, p. 11).

Aportado no que Amaral e Silva (2013) defende para a zona racionalista do perfil conceitual de substância, inferimos que, nesse nível de entendimento, encontramos

um estágio mais avançado de reflexão, se comparado com os modos de pensar descritos nos contextos anteriores para o conceito de energia na Física e na Química.

Consideramos essa proposta para o perfil conceitual do conceito de energia nos contextos do ensino da Física e da Química como uma proposta inicial, que deve ser revista, ampliada, para reconhecer novos contextos de utilização do conceito, novas formas de falar que podem indicar outros modos de pensar, buscando uma reformulação das zonas propostas, acréscimo ou supressão de alguma das zonas e reformulações nos compromissos que fundamentam as zonas.

CAPÍTULO 7

Algumas Considerações

Nesse trabalho, apresentamos uma proposta para o perfil conceitual de energia nos contextos do ensino da Física e da Química, construída a partir da metodologia sugerida pelo programa de pesquisa em perfis conceituais, que considera, para construção das zonas do perfil, dados obtidos a partir de diferentes fontes, a saber: fontes históricas secundárias e tratados epistemológicos sobre o desenvolvimento do conceito, literatura em concepções informais e dados obtidos na sala de aula, que são relacionados com três dos quatro domínios genéticos, a saber: sociocultural, ontogenético e microgenético.

A leitura criteriosa das fontes históricas secundárias possibilitou a elaboração de uma proposta de trajetória para o desenvolvimento histórico do conceito de energia, apresentada no capítulo dois desse texto, e relacionada como o primeiro objetivo específico apresentado na introdução. Não encontramos nenhum trabalho com pretensões amplas de contar toda a história do desenvolvimento do conceito de energia, mas a partir das diversas fontes consultadas, pudemos apresentar uma possível trajetória histórica, em cinco momentos históricos: a metafísica aristotélica, associada a *energeia* e a *dinamis*; o momento no qual foi estabelecido o complexo força-energia, marcado pela controvérsia da *vis-viva*, e que pode ser associado a uma visão da energia como uma propriedade que pode estar contida nos corpos e intimamente relacionada com o movimento; as discussões sobre a teoria do calórico, no qual o calor, manifestação da energia, era entendido como uma substância relacionada com a dilatação dos corpos e que poderia ser transferida de um corpo para outro; o surgimento da teoria dinâmica do calor, sendo a energia entendida como resultante dos movimentos das partículas que compõem o sistema e, por fim, a consideração do princípio da conservação da energia, associada ao conceito científico de energia aceito na ciência contemporânea. Julgamos importante destacar que a trajetória apresentada nessa parte do trabalho não tem a intenção de ser historiográfica e tampouco abranger todo o desenvolvimento do conceito de energia, estando delimitada ao cumprimento desse objetivo da pesquisa.

A literatura relativa as concepções informais possibilitou reconhecer diferentes concepções de energia, fundamentais para identificar possíveis compromissos

epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos, que foram utilizados para a proposição das zonas que compõem o perfil conceitual de energia nos contextos do ensino da Física e da Química. Alguns trabalhos analisados apresentaram classificações de concepções para o conceito de energia, por exemplo, Watts (1983), Driver e colaboradores (1994) e Pacca e Henrique (2004), que foram importantes para reconhecer modos de pensar associados a contextos em que apresentam valor pragmático. Essa etapa da pesquisa estava associada ao segundo objetivo específico apresentado na introdução desse texto.

Para completar os três tipos de dados, que relacionados e em jogo dialógico permitem considerar os três domínios genéticos fundamentais para compreender o processo de conceituação da energia, os dados de sala de aula. Para essa pesquisa estiveram relacionados com a resolução de um questionário e discussão sobre o sobre a energia em um debate conduzido a partir de cinco situações-problema que apresentavam contextos específicos de uso do conceito. Os dados foram obtidos a partir de uma intervenção didática, aplicada em três contextos distintos, a saber: uma turma de segundo ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino de Olinda, região metropolitana do Recife, Pernambuco; uma turma do sexto período da licenciatura em Química, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, campus Dois Irmãos; e uma turma do sexto período da licenciatura em Física, da mesma instituição. Esses dados foram importantes para o reconhecimento dos domínios ontogenético e microgenético para a proposição do perfil conceitual de energia.

A partir do jogo dialógico entre os dados, oriundos dessas diferentes fontes, pudemos propor uma matriz de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de energia, que possibilitou, mediante aproximação dos modos de pensar com compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos, a proposição das zonas que compõem o perfil conceitual de energia no contexto do ensino da Física e da Química, objetivo geral e principal da tese. O perfil conceitual proposto apresenta seis zonas, a saber: energia como algo espiritual ou místico, energia funcional/utilitarista, energia como movimento/atividade óbvia, energia como algo material, energia como agente causal das transformações e energia como grandeza que se conserva.

Decidimos utilizar uma nomenclatura específica para as zonas do perfil conceitual de energia no contexto de ensino do ensino da Física e da Química para melhorar o entendimento dos modos de pensar que encontram valor pragmático em determinados contextos, sem perder a relação fina entre a zona proposta e os

compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos que fundamentam filosoficamente sua construção e são apresentados na parte final dos resultados dessa pesquisa. Ao relacionar as zonas com os compromissos descritos nessa última seção do trabalho, garantimos a proposição do perfil conceitual para além de uma mera categorização de formas de falar sobre o conceito, que é como entendemos as diferentes tipologias apresentadas nos trabalhos que buscaram levantar as concepções históricas e/ou informais sobre os conceitos e que foram utilizadas no desenvolvimento dessa pesquisa.

Ainda, relacionado ao quarto objetivo específico da tese, pudemos analisar, nesses dados obtidos das salas de aula, como as zonas do perfil conceitual proposto emergem nas respostas e discussão dos estudantes. Todas as zonas propostas para o perfil conceitual de energia no contexto do ensino da Física e da Química foram identificadas nas repostas dos questionários e nas discussões durante o debate.

Duas visões de energia que podem emergir em discursos em outras esferas de discussão não aparecem no perfil conceitual de energia em tela, são elas: energia relacionada a lógica de consumo (relacionada a questões de eficiência e eficácia) e energia em termos de sustentabilidade (busca por uma energia limpa e renovável). Esses modos de pensar a energia são importantes, e possivelmente poderiam surgir em uma ampliação dessa proposta, considerando outros contextos e outras comunidades.

Acreditamos que a proposição de um perfil conceitual para o conceito de energia pode contribuir com o programa de pesquisa em perfis conceituais. Sendo a energia colocada como um dos ontoconceitos que direcionam as proposições de perfis, juntamente com matéria e vida, a possibilidade de relacionar o perfil aqui proposto com perfis associados ao ontoconceito, como calor (AMARAL e MORTIMER, 2001) e entropia e espontaneidade (AMARAL, 2004; AMARAL e MORTIMER, 2004) parece algo interessante para pesquisas futuras.

A existência de um perfil conceitual de energia no contexto do ensino da Física e da Química pode ser interessante para fundamentar propostas de ensino sobre o conceito. O conhecimento do perfil conceitual de energia pode auxiliar o professor a elaborar sequências didáticas, intervenções e atividades que relacionem as diversas formas de pensar o conceito de energia, buscando garantir que a pluralidade de visões sobre energia, que encontram valor pragmático em contextos específicos, sejam trabalhadas em sala de aula, e não apenas a visão científica do conceito, como pode

ser visto para o perfil conceitual de substância em Sabino (2015). A utilização do perfil conceitual de energia, sobretudo em aulas de química, disciplina que utiliza bastante o conceito em suas unidades didáticas, mas que não apresenta preocupação em explicar o conceito, constitui outra possibilidade de desenvolvimento de pesquisas futuras utilizando o perfil conceitual aqui proposto.

Ainda em relação ao ensino do conceito, os perfis conceituais são importantes para o empoderamento dos estudantes para que possam agir de forma mais ampla e efetiva sobre o mundo, conhecendo os modos de pensar associados ao conceito e os contextos nos quais possui valor pragmático.

A utilização do perfil conceitual de energia para entender como pessoas dentro do seu ambiente de trabalho ou atuação social, como técnicos eletricitas, profissionais da educação física, engenheiros elétricos/eletrônicos, agrônomos e energizadores/terapeutas holísticos se apresenta como outra possibilidade futura de utilização do perfil conceitual de energia, trabalhando em uma proposta semelhante a apresentada por Araújo (2014), para o perfil conceitual de calor no contexto dos técnicos de refrigeração e bombeiros militares. No entanto, as características específicas dos contextos de Ensino da Física e Química pode existir uma prévia reformulação desse perfil.

Essa reformulação do perfil é a última possibilidade de pesquisas futuras apresentada. Entendemos que o perfil conceitual apresentado é uma proposta inicial e que pode e deve ser modificado em termos de ampliação, reformulação e supressão de zonas, revisão dos compromissos que as fundamentam, ampliação para proposição de um perfil conceitual de energia que envolva ciências biológicas e ciências aplicadas como agronomia, eletrônica, educação física e medicina.

REFERÊNCIAS

AGUIAR-JR., O. G.; MORTIMER, E. F. Tomada de Consciência de Conflitos: Análise da Atividade Discursiva em uma Aula de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 179-207, 2005.

ALOMÁ, E.; MALAVER, M. Análisis de los conceptos de energía, calor, trabajo e el teorema de Carnot em textos universitarios de termodinâmica. **Enseñanza de las ciências**, v.25 n.3, p. 387-400, 2007.

ALVES, P. P. **A experiência de Joule Revisitada**. 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Física Laboratorial, Ensino e História da Física, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008.

AMARAL, E. M. R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada as transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de Química do Ensino Médio**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2004.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.1, n.3 p.1-16. 2001.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. **Educación Química**, n. 3, p. 60 – 75. 2004.

ANGOTI, J. A. P. Conceitos unificadores e ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.15, n.1, 1993.

ARAÚJO, A. O. **O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas**. 2014. 223 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

ARIAS, A. G. Falsas energías, pseudociencia y medios de comunicación masiva. **Revista Cubana de Física**, v. 19, n. 1, p. 68-73, 2002.

ARIAS, A. G. El Concepto “energía” en la enseñanza de las ciencias. **Revista Iberoamericana de Educación**, número especial, 2005.

- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 11, n. 2, p. 88-99. 1994.
- ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e aprendizagem do conceito de energia. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 41-52. 2003.
- AUTH, M. Conceitos Unificadores e o Ensino de Ciências. **Revista Espaço na Escola**, ano 10, n. 38, p. 67, 2000.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BAÑAS, C.; MELLADO, V.; RUIZ, C. Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria sobre la conservación de la energía, el calor e la temperatura. **Revista de Educación Campo Abierto**, v. 24, 2004, p.99-126.
- BAKHTIN, M. **Estética da Criação Verbal**. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 13 ed. São Paulo: Hucitec, 2009.
- BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O Entendimento dos Estudantes Sobre Energia no Início do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 182-217, 2005.
- BARROS, D. L. P.; FIORIN, J. L. **Dialogismo, Polifonia, Intertextualidade em torno de Bakhtin**. São Paulo: EdUSP, 1999.
- BASSALO, J. M. F. Nascimento da Física – Calor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 56-74, 1998.
- BEN-DOV, Y. **Convite à Física**. São Paulo: Jorge Zahar Editor, 1996.
- BESAUDE-VINCENT, B. B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.
- BESNIER, J. M. **As teorias do conhecimento**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.
- BLIKSTEIN, I. Intertextualidade e Polifonia. In: BARROS, D. L. P.; FIORIN, J. L. **Dialogismo, Polifonia, Intertextualidade em torno de Bakhtin**. São Paulo: EdUSP, 1999.
- BOO, H. K. Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 5, p. 569-581, 1998.

- BRAIT, B. **Bakhtin – Conceitos-Chave**. 4 ed. São Paulo: Contexto, 2008.
- BRICCIA, V.; CARVALHO, A.M.P. Visões Sobre a Natureza da Ciência Construídas a Partir do Uso de um Texto Histórico na Escola Média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, 1-22, 2011.
- BRITO, A.S. Flogisto, Calórico & Éter. **Ciência & Tecnologia de Materiais**, v. 20, n. 3/4, 2008, p. 51-63.
- BRITO, T. C.; CASTRO, D. L. Análise de Concepções Sobre Energia Química Antes e Depois de uma Atividade de Ensino sobre Rotulagem de Alimentos. **Ciência em Tela**. v.3, n.2, p. 1-10, 2010.
- BUCUSSI, A. A. Introdução ao Conceito de Energia. **Textos de Apoio ao Professor de Física**. Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 03 - 32. 2006.
- BUNGE, M. Energy: Between physics and metaphysics. **Science & Education**, v. 9, p. 457-461, 2000.
- BUNGE, M. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: Perspectiva, 2012.
- BURATTINI, M.P.T.C. **Energia uma Abordagem Multidisciplinar**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.
- CALEGARI, D. A.; PERFEITO, A. M. Infográfico: Possibilidades metodológicas em salas de aula de Ensino Médio. **Entretextos**, v. 13, n. 1, p. 291-307, 2013
- CAMPOS, E. M. Kuhn e o conceito de anomalia. **Química**, v. 2, n. 92, p. 42-45, 2004.
- CANDEL ROSELL, A.; SATOCA VALERO, J.; SOLER LLOPIS, J. B. Interpretación errónea del concepto de entropía (revisión del concepto de orden). **Enseñanza de las ciencias**, v. 1, 1984.
- CASTRO, L. P. S; MORTALE, T. A. B. **Energia: Levantamento de Concepções Alternativas**. 2012. 114 f. Monografia (Licenciatura em Biologia) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.
- CHASSOT, A.I. **A Ciência Através dos Tempos**. São Paulo: Moderna, 1994.
- CHASSOT, A. I. **Educação Consciência**. 2ª ed. Santa Cruz do Sul: Ed. EDUNISC, 298p., 2007.
- CHAUI-BERLINCK, J. G.; MARTINS, R. **As Duas Primeiras Leis**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2013.

- CHERMAN, A. **Sobre o ombro de gigantes: uma história da física**. São Paulo: JZE, 2004.
- COELHO, R.L. On the concept of energy: History and philosophy for Science teaching. **Procedia**, n.1, 2009, p.2648-2652.
- COLOVAN, S. C. T.; SILVA, D. A entropia no ensino médio: utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 90-117, 2005.
- COSTA, A. M. A. Da vida e suas explicações - Estereoquímica e Vitalismo. **Química**, n. 68, p. 22-27, 1998.
- COSTA, L. M.; TAROUÇO, L. M. R. Infográfico: características, autoria e uso educacional. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 3, p. 1-14, 2010.
- COUTINHO, F. A. **Construção de um perfil conceitual de vida**. Belo Horizonte, 2005. 209p. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação. Departamento de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- COUTINHO, F. Â.; MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. Construção de um Perfil para o Conceito Biológico de Vida. **Investigações em Ensino de Ciências (Online)**, v. 12, p. 115-137, 2007.
- COUTINHO, F. Â.; EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. Building a Profile for the Biological Concept of Life. In: **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014.
- COUTINHO, F. Â.; EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. **Utilizando situações-problema para acessar a tomada de consciência do perfil conceitual: Um estudo com a ontodefinição de vida**. Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, 2007.
- DALRI, J. **A Dimensão Axiológica do Perfil Conceitual**. São Paulo, 2010. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências. Programa de Pós-Graduação Interunidades de Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo, 2010.
- DALRI, J.; MATTOS, C. R. **Relações entre motivação, valor e perfil conceitual: um exemplo**. Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, 2007.

DINIZ JUNIOR, A. I.; SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Zonas do Perfil Conceitual de Calor que Emergem na Fala de Professores de Química. **Química Nova na Escola**, Vol. 37, Nº Especial 1, p. 55-67, 2015

DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P.; WOOD-ROBINSON, V. **Making sense of secondary science Research into children's ideas** New York: Routledge. New York: Routledge, 1994.

EL-HANI, C. N.; SILVA-FILHO, W. J.; MORTIMER, E. F. The Epistemological Grounds of the Conceptual Profile Theory. In: Bases of a Research Program **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014.

EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F.; SILVA-FILHO, W. J. As bases epistemológicas da teoria dos perfis conceituais. Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Águas de Lindóia, 2013.

EMMECHE, C.; EL-HANI, C. N. Definindo Vida. In: EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (orgs.). **O que é vida?** Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.

EMMECHE, C.; EL-HANI, C. N. **Definindo Vida, Explicando Emergência**. Disponível em: <http://www.nbi.dk/~emmeche/coPubl/99.DefVida.CE.EH.html>, 1997.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 20-24, 2006.

FERREIRA, J. B. D.; AQUINO, J. A. A gênese da Polifonia em Dostoievski. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 2, n. 1, p. 1-18, 2008.

FEYNMAN, R.P. **Física em Seis Lições**. Rio de Janeiro: Editouro, 2001.

FEYNMAN, R.P. **Lições de Física – The Feynman Lectures on Physics**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 38-44, 2004.

FORDE, T. "When I am watching television I am not using any energy". **Irish Educational Studies**, Vol. 22, No. 3, p. 71-89, 2003.

GARCIA, E.R.S.; MAURÍCIO, L.A. Evolução do conceito de energia mecânica. **XIII INIC**, São José dos Campos, 2005.

GRIBBIN, J. **História da Ciência**. Mem Martins (POR): Publicações Europa-América, 2005.

GOLDRING, H. OSBORNE, J. Students' difficulties with energy and related concepts. **Phys. Educ.**, n. 29, p. 26-32, 1994.

GOMES, L.C. Ascensão e queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.29, n.3, p.1030-1073, 2012.

GOMES, L.C. A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte I. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 407-441, 2015.

HENRIQUE, K. E. **O pensamento físico e o pensamento de senso comum: a energia no 2º grau**. Dissertação (Ensino das Ciências – modalidade física). São Paulo, Instituto de Física/Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

HESSEN, J. **Teoria do Conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 2012.

HIERREZUELO, J. M.; GONZÁLES, E. M. Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 23-30, 1990.

HUDSON, J. **The history of chemistry**. Londres: MacMillan, 1992.

ILTIS, C. Leibniz and the Vis Viva Controversy. **Isis**, v. 62, n. 1, p. 21–35, 1971.

JACQUES, v.; PINHO ALVES, J. O conceito de energia: os livros didáticos e as concepções alternativas. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008.

JOENK, I. K. Uma introdução ao pensamento de Vygotsky. **Linhas**, v. 3, n. 1, p. 1-12, 2002.

KNOBEL, M. Ciência e Pseudociência. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, p. 6-9, 2008

KUHN, T.S. **A tensão essencial**. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

LAKATOS, I. **Matemática, Ciencia y epistemología**. Madrid: Alianza, 1987.

MCCLELLAND, G. Energy in School Science. **Phys. Educ.**, v. 24, n. 1, p. 162-164, 1989.

- MACHADO, L. M.; MAIA, G. Z. A.; LABEGALINI, A. C. F. B. (Org.). **Pesquisa em Educação: Passo a Passo**. Marília-SP: Edições M3T, 2007.
- MACIEL-JR., A. **Pré-Socráticos – A Invenção da Razão**. São Paulo: Odysseus, 2003.
- MAGALHÃES, M. C. C.; NININ, M. O. G.; LESSA, A. B. C. T. A dinâmica discursiva na formação de professores: discurso autoritário ou internamente persuasivo? **Bakhtiniana**, v. 9, n. 1, p. 129-147, 2014.
- MAGGIE, W.F. **A Source Book in Physics**. New York: McGraw-Hill, 1935.
- MARCUSCHI, L. A. **Análise da conversação**. 5. Ed. São Paulo: Ática, 2000.
- MARTINEZ, A.C. Energía. **Revista I.T.**, n.82, p.8-11, 2008.
- MARTIN, M. Pseudoscience, the paranormal, and Science Education. **Science & Education**, v. 3, p. 357-371, 1994.
- MARTINS, L.A.P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, 2005, p. 305-317.
- MEDEIROS, A. Entrevista com o Conde Rumford: Da teoria do calórico até o calor como uma forma de movimento. **Física na Escola**, v. 10, n. 1, p. 4-16, 2009.
- MELO, M.T.R.R.H. **Energia e Medicina – Mayer e Helmholtz**. Tese de Doutorado. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2014.
- MICHINEL, J. L.; D’ALESSANDRO, A. M. El Concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un Nuevo sublenguaje. **Enseñanza de las Ciencias**. v.12, n. 3, 1994, p. 369-380.
- MOREIRA, M .C. A.; PEREIRA, M. V.; VASCONCELLOS, R. F. R. R. A energia na visão de professores de ciências em um curso de formação continuada a distância. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, 2015, p. 49-65.
- MORTIMER, E. F. Conceptual Chance or Conceptual Profile Chance? **Science Education**. v.4, n.3, p. 265-287. 1995.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 1, p.20-39, 1996.

MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Química nova**, v. 20, n. 2, p. 200-207, 1997.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F. Perfil Conceptual: modos de pensar y formas de hablar en las aulas de ciencia. *Infancia y Aprendizaje*, v. 24, n. 4, p. 475-490, 2001.

MORTIMER, E.F; AMARAL, L.O.F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. **Química Nova na Escola**, n.7, p. 30-34, 1998.

MORTIMER, E. F., EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; AMARAL, E. M. R.; EL-HANI, C. N. Conceptual Profiles: Theoretical-Methodological Bases of Research Program. In: Bases of a Research Program **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014.

MORTIMER, E; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aulas de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações No Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p.283-306, 2002.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; AMARAL, E. M. R.; EL-HANI, C. N. Modeling Modes of Thinking and Speaking With Conceptual Profiles. In PENA, S. D. J. **Themes in Transdisciplinary Research**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. **Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais**. Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, 2009.

MORTIMER, E. F; SCOTT, P; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n.30, p.111-125, 2012.

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N.; SEPÚLVEDA, C.; AMARAL, E. M. R.; COUTINHO, F. A.; SILVA, F. A. R. Methodological Grounds of the Conceptual Profile Research Program. In: **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Spriger, 2014.

OLIVEIRA, C. E. S.; FIREMAN, E. C.; BASTOS FILHO, J. B. A solução atribuída a d'Alembert sobre 'A verdadeira força' é capaz de dirimir a polêmica ensejada pela crítica de Leibniz a Descartes? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 581-600, 2013.

OLIVEIRA, J. A. S. **Concepções de alunos do Ensino Médio sobre energia**. In: FREIRE, L. I. F.; MILARÉ, T. Vivências e Experiências no PIBID em Química. Ponta Grossa-PR: Editora da UEPG, 2013.

OLIVEIRA, R. J.; SANTOS, J. M. A Energia e a Química. **Química Nova na Escola**. n.8, p.19-22, 2008.

ORNELLAS, A. **A Energia dos tempos antigos aos dias atuais**. Maceió: EdUfal, 2006.

PACCA, J. L. A.; HENRIQUE, K. F. Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. **Enseñanza de las ciencias**, v.22, n.1, p. 159-166, 2004.

PÁDUA, A. B.; PÁDUA, C. G.; SILVA, J. L. C. **A história da termodinâmica clássica: uma ciência fundamental**. 1ª. Ed, Londrina: Eduel, 2009.

PARTINGTON, J. R.; **A Short History of Chemistry**, 3rd ed., New York: Dover Publications, 1989.

PINHO, S. T. R. & ANDRADE, R. F. S. Evolução das Ideias da Termodinâmica e da Mecânica Estatística. In: ROCHA, J. F. **Origem e Evolução das ideias da Física**. EDUFBA, 2002, pp. 139- 184.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, n. 66, p. 211-227, 1982.

POZO, J. I.; GOMEZ CRESPO, M. A. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

POZO, J. I.; GOMEZ CRESPO, M. A.; SANZ, A. **When Conceptual Change does not mean replacement: Different representations for different contexts**. In SCHNOTZ, W.; VOSNIADOU, S; CARRERERO, M. *New Perspectives on Conceptual Change*. Oxford: Elsevier, 1999.

PUENTE, F. R. Algumas notas sobre o conceito de energia como eixo de articulação entre a filosofia negativa e a filosofia positiva no pensamento tardio de Schelling. **Síntese Nova Fase**, v.22, n.70, 1995, p. 395-404.

PULIDO, M.D.; SILVA, A.N. Do calórico ao calor: uma proposta de ensino de química na perspectiva histórica. **História da Ciência e Ensino**, v.3, 2011, p.52-77.

QUADROS, P.P.; SANTOS, R.P. A Energia Nossa na Leitura de Cada Dia. **Acta Scientiae**. Canoas-RS. v. 9, n. 2 p. 27-38. 2007.

QUEIROZ, G. P.; TEIXEIRA, S. K. As Revoluções que não convencem: Um desafio para o ensino de física. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n. 8, p. 31-46, 1992.

RAMOS, P.L.P.; PONCZEK, R.L. A evolução histórica dos conceitos de energia e quantidade de movimento. **Caderno de Física da UEFS**, v.9, n.1 e 2, 2011, p. 73-83.

RIBEIRO, A. J. Elaborando um perfil conceitual de equação: desdobramentos para o ensino e a aprendizagem de matemática. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 55-71, 2013.

ROCA, F. O. **Contribuição de conceitos químicos ao estudo da origem da vida na disciplina de Biologia**. São Paulo, 2012, 73p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação. Departamento de Educação, Universidade de São Paulo, 2012.

ROCHA, J. F. M. Origem e evolução do eletromagnetismo. In: ROCHA, J. F. **Origem e Evolução das ideias da Física**. EDUFBA, 2002, pp. 139- 184.

ROSMORDUC, J. **Uma História da Física e da Química**. São Paulo: JZE, 1985.

SABINO, J. D. **A Utilização do Perfil Conceitual de Substância em Sala de Aula**. Recife, 2015. 154 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

SABINO, J. D.; AMARAL, E. M. R. **Zonas do Perfil Conceitual de Substância que emergem na fala de alunos quando envolvidos em diferentes atividades didáticas**. Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Águas de Lindóia, 2015.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. **Bases teóricas e epistemológicas**

da abordagem dos perfis conceituais. Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, 2009.

SEPULVEDA, C. **Aplicação de um perfil conceitual para adaptação à análise de interações discursivas no ensino de evolução.** Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, 2009.

SEPULVEDA, C. **Perfil Conceitual de Adaptação: Uma Ferramenta para Análise de Discurso de Salas de Aula de Biologia em Contextos de Ensino de Evolução.** Tese de Doutorado. Universidade Federal Da Bahia E Universidade Estadual De Feira De Santana. 2010.

SEPÚLVEDA, C.; MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. Construção de um perfil conceitual de adaptação: implicações metodológicas para o programa de pesquisa sobre perfis conceituais e o ensino de evolução. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.18, n. 2, p 327-346, 2013.

SEVILLA SEGURA, C. Reflexiones en torno al concepto de energía: Implicaciones curriculares. **Enseñanza de las ciencias**, v.4, n.3, p. 247-252, 1986.

SILVA, J. R. R. T. **Um Perfil Conceitual para o Conceito de Substância.** Recife, 2011. 186 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de abordagem para o ensino de reações químicas a partir da noção de perfil conceitual. In: ALBUQUERQUE, U. P.; VERAS, A. S. C.; FREIRE, F. J.; LIRA JÚNIOR, M. A. (Org.). **Caminhos da Ciência.** 1 ed. Recife: EDUFRPE, vol.1, p.259-273, 2006.

SILVA, J.R.R.T.; AMARAL, E.M.R. Proposta de um perfil conceitual para substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.** v. 13, n. 3, 2013.

SILVA, P. N.; SILVA, F. C. V.; SIMÕES NETO, J. E. **A transposição didática como recurso para análise do saber intramuros da sala de aula do conteúdo termoquímica.** XVII Encontro Nacional de Ensino de Química, Ouro Preto-MG, 2014.

SILVA JÚNIOR, C.N. **A energia e suas implicações no ensino-aprendizagem de química.** Natal, 2010. 188f. Tese (Doutorado em Química). Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

SILVA JÚNIOR, C. N.; SILVA, M. G. L.; HUSSEIN, F. R. G. **O que dizem os prefácios dos livros de química geral do Ensino Superior sobre o conceito de energia?** In: SILVA, M. G. L.; MOHR, A.; ARAÚJO, M. F. F. Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal: EDUFRRN, 2012.

SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p. 219-230,1996.

SILVER, B.L. **A escalada da ciência**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

SIMÕES NETO, J.E.; AMARAL, E.M.R. Energia e energia química em foco: o que pensam estudantes no Ensino Superior de química. **XVII ENEQ**, Ouro Preto, 2014.

SIMÕES NETO, J. E.; SILVA, J. R. R.; CRUZ, M. E. B.; AMARAL, E. M. R. Emergência das zonas do perfil conceitual de calor em uma sequência didática. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 3348-3353, 2013.

SMITH, G.E. The vis-viva dispute: A controversy at the dawn of dynamics. **Physics Today**, v.59, n.10, 2006, p. 31-36.

SOLBES, J.; TARIN, F. Algunas Dificultades en torno a la Conservación de la Energía. **Enseñanza de las ciencias**, v. 16, n. 3, 1998, p.387-397.

SOLBES, J.; TARIN, F. Generalizando el concepto de energía y su conservación. **Didáctica de las ciencias experimentales y sociales**, n. 22, 2008, p.155-180.

SOUZA, R.S.; SILVA, A.P.B.; ARAÚJO, T.S. James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: Reproduzindo as dificuldades do laboratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.36, n.3, 2014, p. 3309

SOUZA, V. C. de A. **Os desafios da energia no Contexto da termoquímica: Modelando uma nova ideia para aquecer o ensino de química**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2007.

SOUZA, V.C.A.; JUSTI, R. Estudo da Utilização de Modelagem como Estratégia para Fundamentar uma Proposta de Ensino Relacionada à Energia Envolvida nas Transformações Químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 10, n. 2, 2010.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, P, 385-405, 2012.

STRIKER, K. POSNER, G. A revisionist theory of Conceptual Change. In DUCHSL, R. A.; HAMILTON, R. J. **Philosophy of science, cognitive psychology and educational practice**. Nova York: State of New York Press, 1992.

TOLENTINO, D. J. Ciencia vs. Pseudociencia – Implicaciones educativas. **Cuaderno de Investigación en la Educación**, n. 27, p. 199-211, 2012.

TOSI, L. Lavoisier: Uma Revolução na Química. **Química Nova**. São Paulo, v. 12, n. 1, p. 33-56, 1989.

TRUMPER, R. Children's energy concepts: a cross-age study. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 2, p. 139-148, 1994.

TRUMPER, R. A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions on Energy in Pre-Service Training for High School Teachers. **Journal of Science Education and Technology**, v. 7, n. 4, p. 311-318, 1998

VAIRO, A. C.; REZENDE FILHO, L. A. C. Perfil Conceitual como tema de pesquisa e sua aplicação em conteúdos de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 193-208, 2013.

VALENTE, M. J. P. **Uma Leitura Pedagógica da Construção Histórica do Conceito de Energia**. 1999. 603 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 1999.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C. R. **É possível definir contextos de uso de zonas de perfil conceitual com um questionário?** In: Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Bauru: ABRAPEC, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1934/2001.

WATTS, M. Some alternative views of energy. **Physics Education**. v.18, p. 213-217, 1983.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky y la formación social de la mente**. Barcelona: Paidós, 1988.

WILSON, M. **Energia**. São Paulo: Life, 1968.

WIRZBICKI, S. M.; ZANON, L. B. Abordagens e Reflexões Sobre o Ensino do Conceito Energia Nas Transformações dos Alimentos. **Alexandria**, v. 5, n. 3, p.195-218, 2012.

ZINGANO, M. **Platão e Aristóteles - O Fascínio da Filosofia**. São Paulo: Odysseus, 2003.

Apêndice 1



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL DOUTORADO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Eu, **José Euzébio Simões Neto**, doutorando em Ensino de Ciências na Universidade Federal Rural de Pernambuco, estou desenvolvendo a pesquisa intitulada “**A Tomada de Consciência e o Perfil Conceitual de Energia**”, sob a orientação da Profa. Dra. Edenia Maria Ribeiro do Amaral.

Por este motivo venho solicitar a sua participação na pesquisa, juntamente com todos os demais alunos matriculados na disciplina Instrumentação para o Ensino da Química I. A participação não é obrigatória, mas as atividades estão relacionadas com a disciplina em tela.

Os objetivos desta intervenção são relacionados a compreensão das diversas formas de falar e modos de pensar o conceito de energia, em diferentes contextos. Para tanto, foi desenvolvida uma sequência didática, em quatro aulas, para coleta de dados escritos e videogravados.

Informo que as videograções ficarão à disposição dos participantes e não utilizaremos de forma alguma qualquer imagem ou áudio captado para exibição. Solicito devolução deste documento assinado considerando que o primeiro momento da intervenção que se inicia hoje.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. Entendo que meus dados pessoais serão mantidos em sigilo e que os resultados obtidos através da pesquisa serão utilizados para alcançar os objetivos do trabalho expostos acima, incluindo sua publicação na literatura científica especializada.

Recife, 09 de novembro de 2015

Assinatura

Nome completo do Participante e RG

Apêndice 2



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL DOUTORADO



Este questionário é parte integrante do processo de obtenção dos dados de uma tese de doutorado, no PPGEC/UFRPE. Não é necessário se identificar. As respostas serão fundamentais para a continuidade desta pesquisa. Obrigado.

Questionário – ENERGIA

1. O que você compreende por Energia?

2. Como você entende o significado atribuído ao termo energia em cada situação descrita a seguir:

A) “Nescau, energia que dá gosto! ”

B) “Se o inimigo te atacar, já era! Sua energia está baixa. ”

C) “A energia aumentou novamente. Não vamos conseguir pagar. ”

D) “Esta casa é amaldiçoada, sinto uma energia ruim aqui! ”

E) “Não gaste sua energia com ele, não vale a pena! ”

Apêndice 3



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL DOUTORADO



ORDEM E DESORDEM – A HISTÓRIA DA ENERGIA



Título: Ordem & Desordem

Produtora: BBC

Tipo: Documentário

Episódio: 01/02 (A História da Energia)

Sinopse: A energia é fundamental para todos nós, mas o que exatamente é a energia? Na tentativa de responder a esta pergunta Jim investiga um estranho conjunto de leis que liga tudo, desde motores para os seres humanos às estrelas. Acontece que a

energia, tão importante para a vida diária, na verdade nos ajuda a dar sentido a todo o universo.

PRINCIPAIS IDEIAS SOBRE ENERGIA OBSERVADAS NO DOCUMENTÁRIO:

Parte 1

Parte 2

Apêndice 4

MEIO DE DIVULGAÇÃO: JORNAL DE NOTÍCIAS (PORTUGAL)
Em 02 de Março de 2015

Avião solar prepara volta ao mundo a partir de Abu Dhabi

O avião movido a energia solar "Solar Impulse 2" fez, esta segunda-feira, o seu terceiro de voo de teste com sucesso, na preparação para uma volta ao mundo.



O avião "Solar Impulse" é o resultado de 13 anos de investigação (Foto: ALI HAIDER/EPA)

Os organizadores do evento dizem que a volta ao mundo pode começar já este sábado, mas que não podem ainda garantir a data, dado que o início da viagem depende das condições atmosféricas, mesmo que o avião parta do Golfo, uma região tradicionalmente sem nuvens e com boa exposição solar.

O voo desta segunda-feira, que durou uma hora, foi o terceiro concretizado pelo avião, que partiu do pequeno aeroporto de Al-Batten, em Abu Dhabi, mas o primeiro para o presidente executivo da empresa Solar Impulse, o suíço Bertrand Piccard.

O projeto que agora está prestes a descolar é o resultado de 13 anos de investigação e trabalho dos pilotos suíços Piccard e Andre Borschberg, que desenvolveram uma ideia que no início foi ridicularizada pela indústria da aviação.

O avião é alimentado por mais de 17 mil células solares embutidas nas suas asas, que medem 72 metros, quase tão grandes como as do "Superjumbo" Airbus A380, mas pesa menos do que 1% do daquele avião, ou seja, cerca de 2,3 toneladas.

Na viagem prevista para breve, o avião levantará em Abu Dhabi e aterrará em Muscat, capital de Omã, seguirá viagem para Myanmar, China, Havai e Nova Iorque, devendo ainda fazer aterragens no centro dos Estados Unidos e ou no sul da Europa ou no Norte de África, dependendo das condições atmosféricas.

**MEIO DE DIVULGAÇÃO: Revista EXAME (BRASIL)
Em 29 de Janeiro de 2014**

O Brasil precisa de mais fontes de energia

Leandro Fonseca/EXAME



Mestrallet: para ele, o Brasil deve mudar a lei para o setor privado investir em energia nuclear

São Paulo - O Brasil precisa investir em novas maneiras de gerar [energia](#) para evitar o risco de racionamentos. Construir alternativas é o objetivo da nova estratégia da francesa GDF Suez no Brasil, diz Gérard Mestrallet, presidente mundial do grupo.

Para ele, as novas [hidrelétricas](#) têm reservatórios pequenos, que reduzem a segurança do sistema. A seguir, os principais trechos da [entrevista](#) concedida por ele durante uma visita ao país.

1) EXAME - Qual a perspectiva para o investidor em infraestrutura no Brasil hoje?

Gérard Mestrallet - Nós, pelo menos, não temos do que reclamar. A regulação do setor elétrico é clara para a construção de usinas. Não fomos afetados pela mudança

nas concessões que vencerão nos próximos anos porque nossos contratos vão terminar só a partir de 2028. Em nosso caso, as regras são claras e têm sido respeitadas. Por isso, continuamos a investir no país.

2) EXAME - Mas o Brasil não tem um potencial de crescimento muito inferior ao de países da Ásia, por exemplo?

Gérard Mestrallet - O Brasil cresceu pouco no ano passado, mas acho que essa é uma situação conjuntural. O país tem crescimento populacional, melhora nos níveis de educação e gera mais empregos qualificados. Tudo isso incentivará taxas de crescimento maiores no futuro.

3) EXAME - Por que a GDF Suez começou a investir em gás natural no Brasil?

Gérard Mestrallet - Em outros países, temos grandes operações na área de gás. No Brasil, temos quase só hidrelétricas e queremos ser mais diversificados.

Em novembro, compramos uma participação nos campos da Vale na bacia do Parnaíba e também ganhamos seis blocos no Recôncavo Baiano no leilão da ANP. A ideia é construir usinas termelétricas onde houver gás e montar uma operação integrada.

4) EXAME - Qual a lógica desse investimento?

Gérard Mestrallet - O Brasil vai precisar de diversificação de suas fontes de energia. Não é possível mais confiar apenas nas hidrelétricas, que agora têm reservatórios menores e vão depender muito mais das chuvas e do fluxo dos rios. É preciso ter uma margem de segurança maior.

5) EXAME - Que outras fontes poderiam ser usadas?

Gérard Mestrallet - As renováveis são interessantes, mas é preciso lembrar que a energia solar e a energia eólica são fontes intermitentes. A geração nuclear seria uma alternativa.

6) EXAME - O governo brasileiro tem intenção de retomar o investimento em usinas nucleares?

Gérard Mestrallet - Um bom sinal foi a decisão de terminar a construção da Angra 3. Se houver uma decisão favorável sobre novas usinas além da Angra 3, estamos muito interessados em participar. Temos um acordo com a estatal brasileira Eletronuclear há quatro anos e experiência na área.

Controlamos usinas nucleares na Bélgica e ganhamos, na Turquia, a única concorrência internacional para novas usinas realizada desde o acidente no Japão.

7) EXAME - Mas como, se a Constituição determina que as usinas nucleares são monopólio do Estado no Brasil?

Gérard Mestrallet - Queremos investir na condição de controladores, como somos no projeto das quatro usinas que ganhamos na Turquia. Hoje, com as restrições legais, isso não é possível no Brasil. Acho que o governo deveria considerar uma mudança para incentivar o investimento privado.

MEIO DE DIVULGAÇÃO: Globo Ecologia (BRASIL)
Em 15 de Fevereiro de 2014

Novas fontes de energia renovável estão em desenvolvimento no Brasil

Hidrogênio e ondas do mar poderão mover veículos e gerar eletricidade



Oitenta e cinco por cento da eletricidade produzida no Brasil vem de fontes renováveis. As hidrelétricas correspondem a 76% da matriz energética do país (Foto: Divulgação/Lucas Conrado)

De acordo com dados do [Balanço Energético Nacional de 2013](#), do Ministério de Minas e Energia, cerca de 85% da eletricidade produzida no país vem de usinas hidrelétricas, biomassa, [energia eólica e solar](#). Apesar de essas serem mais conhecidas, outras fontes estão sendo pesquisadas – ou mesmo utilizadas em outros países – e poderão compor a matriz brasileira nas próximas décadas.

De acordo com o relatório, a [energia hidrelétrica corresponde a 76,9% da matriz brasileira](#). A segunda fonte renovável mais utilizada é a biomassa, correspondendo a 6,8% da produção. Versátil, a biomassa é a utilização de vegetais – especialmente cana-de-açúcar e soja – para gerar eletricidade, seja por meio da queima de materiais, ou por meio de seu processamento. Por exemplo, [biocombustíveis](#) são produtos da [fermentação ou decomposição de materiais orgânicos](#) e podem ser utilizados tanto para produzir eletricidade quanto para mover veículos.

Fontes em desenvolvimento



Desde 2009, usina experimental gera energia a partir das ondas no Ceará (Foto: Divulgação)

Atualmente, equipes do Coppe/UFRJ (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação em Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro), estão desenvolvendo projetos que utilizam dois tipos de energia renovável: hidrogênio e ondas do mar. Vindo de fontes praticamente infinitas, essas fontes não poluem, mas ainda esbarram na questão da eficiência e do custo.

Roberto Schaeffer, professor de Planejamento Estratégico da Coppe/UFRJ, conta que o mar pode ser utilizado de diversas formas. A fonte maremotriz, por exemplo, usa a variação das marés para gerar eletricidade. “Quando o mar sobe, pequenas represas armazenam essa água, que é despejada na maré baixa”, explica Schaeffer. Ela funciona com o mesmo princípio das hidrelétricas. A pressão da água move turbinas que geram eletricidade.

Com base neste processo, a **Coppe construiu, no mar do Ceará, uma usina experimental**. Dois flutuadores sobem e descem de acordo com o nível do mar e movem uma bomba, que ejeta água em uma turbina. Apesar de mais viável, essa fonte exige condições específicas de ondas para ser aplicada, portanto, não pode ser construída em qualquer lugar.

Outra forma de gerar energia é por meio de pilhas de hidrogênio. O gás, que não é encontrado bruto na natureza, é separado de outros elementos por meio de um processo químico, onde elétrons são liberados. Estes elétrons são utilizados para mover o veículo, mais ou menos como uma bateria comum.

Schaeffer explica que, apesar de não emitir poluição, este método – que já é utilizado em alguns veículos – ainda é caro e com pouca eficiência energética. “Se você for separar o hidrogênio da água, você vai gastar mais energia do que receber”, comenta.

Energia da Terra

Em regiões com vulcões e atividade sísmica, o calor da Terra também é usado para gerar eletricidade. É a chamada energia geotérmica. Geólogos cavam poços até áreas onde a temperatura chega a 700°C e despejam água ali dentro. A pressão é tamanha que esta água move geradores de eletricidade. “É feito um estudo geológico complexo para fazer esse tipo de usina. Se houver falhas no solo, a água vai escapar e a eficiência será muito menor”, comenta Daniel Albiero, professor de Energia na Agricultura da Universidade Federal do Ceará.



Hoje, a Islândia tem papel de destaque na produção de energia geotérmica. Por sua estabilidade geológica, o Brasil tem pequeno potencial para este processo (Foto: Thinkstock/Getty Images)

O professor destaca que o Brasil tem tecnologia para produzir energia geotérmica, mas não é economicamente viável. “Para alcançar as temperaturas necessárias para mover as turbinas, deveríamos escavar até 4 mil metros”, comenta. Existem poços de petróleo mais profundos que esse no pré-sal, mas ao analisarem quanto vai custar tal usina, os especialistas acabam concluindo que a construção de outras fontes tem um melhor custo-benefício.

MEIO DE DIVULGAÇÃO: Portal Ecycle (BRASIL)
Em 2010

Pesquisadoras criam bola que transforma energia cinética dos chutes em eletricidade

Caetano Penna



Invento pode ser usado para recarregar aparelhos eletrônicos ou servir de fonte para luminárias

Imagine produzir energia enquanto pratica o esporte que é paixão nacional e um dos mais populares do mundo. É essa a ideia por trás da criação de [quatro pesquisadoras](#) da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos. Trata-se de uma bola de futebol que captura energia a cada chute e pode ser usada para carregar lâmpadas LED, pequenas baterias e aparelhos eletrônicos.

Batizada de [Soccket](#), um trocadilho entre as palavras soccer (futebol) e socket (soquete), a bola possui em seu interior um pequeno pêndulo que aproveita a energia cinética do movimento através de um gerador conectado a uma bateria recarregável. Depois de carregada a bateria, basta plugar a lâmpada ou qualquer aparelho eletrônico.

Por meio de 15 minutos de embaixadinhas ou do tradicional "gol a gol", é possível o fornecimento de três horas de energia para uma lâmpada LED. A bola é cerca de 28 gramas mais pesada do que os modelos convencionais e sua matéria-prima é uma [espuma vinílica acetinada \(EVA\)](#) resistente a água, durável, à prova de esvaziamento e macia ao toque.



A bola foi mais um projeto que deu certo devido ao *crowdfunding* (financiamento coletivo), em que as criadoras expuseram a ideia no site [Kickstarter](#) na tentativa de arrecadar U\$S 75 mil para financiar o projeto. Com o sucesso inesperado, a *Soccket* arrecadou cerca de U\$S 92 mil.

Agora, as criadoras estão pedindo doações aos interessados pelo site [Soccket](#), para poderem desenvolver e distribuir as bolas para famílias sem recursos, já que uma fonte de energia muitas vezes não é facilmente encontrada nas periferias de países pobres.

As primeiras versões já foram levadas para famílias que não tem luz elétrica na África do Sul, no México e no Brasil. E o resultado foi positivo porque muitas das famílias estão utilizando a bola para iluminação de suas casas à noite e as crianças aproveitam para, depois de jogar uma bola com os amigos, usarem a lâmpada LED para estudar.

Outro destino da bola foi as escolas, onde as criadoras entregaram aos professores alguns exemplares para auxiliar na aprendizagem a respeito de energia, por exemplo. O objetivo, segundo o próprio site oficial, é criar um produto que possa aproveitar a infraestrutura local existente em ambientes pobres e sem recursos financeiros para produzir as bolas *Soccket*.

MEIO DE DIVULGAÇÃO: Publicidade - Venda de Alimentos



Apêndice 5



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL DOUTORADO



SITUAÇÕES-PROBLEMA

1. A vida precisa de energia! Essa afirmação é facilmente comprovada pela necessidade que temos de comer para que nosso corpo funcione de maneira adequada. A partir de pesquisas relacionadas à fisiologia foi determinado o valor de 2000 Kcal diárias para o bom funcionamento do corpo humano. Se por acaso um amigo perguntasse o que deveria fazer para manter seu peso constante, qual seria sua recomendação: exercícios constantes, diminuição na ingestão de alimentos? Por que?

2. A energia é invisível! Não podemos ver a energia, no entanto, podemos observar os fenômenos relacionados com a energia a partir das transformações. Como você poderia explicar:

- A) O crescimento de uma planta.
- B) A emissão de luz por um vagalume.
- C) A trajetória de um corpo esférico em um plano inclinado.
- D) A queima de uma vela.
- E) O aquecimento de um metal, ao entrar em contato com outro metal em temperatura mais elevada.
- F) A utilização de um painel fotovoltaico.

3. Existem diversos tipos de energia que são discutidos no cotidiano e na ciência. Arias, em 2005, sugere que podemos classificar a energia quanto à natureza e quanto a fonte de origem.

- A) Como você classificaria a energia quanto à natureza? Dê exemplos.
- B) Como você classificaria a energia quanto a fonte de origem? Dê exemplos.
- C) Essas manifestações de energia se diferenciam de que forma? São diferentes ou manifestações distintas da mesma coisa?

4. O místico e o sobrenatural têm tido destaque atualmente na sociedade. Termos como "energia cósmica" e "energia dos cristais" são apresentados em materiais de divulgação e textos em revistas, adquirindo significados no cotidiano das pessoas e fazendo surgirem até novas profissões, como os energizadores, que atuam na substituição da energia negativa por energia positiva, em determinado ambiente.

- A) Como você compreende essa visão de energia?
- B) O termo energia é utilizado nesta situação com significado científico? Justifique.

5. A energia se conserva! A formulação do princípio da conservação de energia se caracteriza como um importante marco no desenvolvimento do conceito de energia, pois a partir desta propriedade podemos entender melhor o conceito. No entanto, algumas questões podem ser feitas:

- A) Se a energia se conserva, por que em diferentes momentos da história se fala em crise energética?
- B) Se a energia se conserva e um litro de combustível pode movimentar um carro por vários metros, por que não pode movimentar o carro perpetuamente?

Como explicar essas situações?

Ficha Resposta

1º Situação-Problema

Qual o problema apresentado?

Que conceitos são mobilizados para sua resolução?

Qual a resolução para essa situação-problema?

Como o conceito de energia é entendido e evidenciado nesta situação?

2º Situação-Problema

Qual o problema apresentado?

Que conceitos são mobilizados para sua resolução?

Qual a resolução para essa situação-problema?

Como o conceito de energia é entendido e evidenciado nesta situação?

3º Situação-Problema

Qual o problema apresentado?

Que conceitos são mobilizados para sua resolução?

Qual a resolução para essa situação-problema?

Como o conceito de energia é entendido e evidenciado nesta situação?

4º Situação-Problema

Qual o problema apresentado?

Que conceitos são mobilizados para sua resolução?

Qual a resolução para essa situação-problema?

Como o conceito de energia é entendido e evidenciado nesta situação?

5º Situação-Problema

Qual o problema apresentado?

Que conceitos são mobilizados para sua resolução?

Qual a resolução para essa situação-problema?

Como o conceito de energia é entendido e evidenciado nesta situação?
