

MODOS DE PENSAR OS CONCEITOS DE ENTROPIA E ESPONTANEIDADE UTILIZANDO SITUAÇÕES-PROBLEMA

¹C. R. A. GUIMARÃES*, ^{1,2}F. C. V. SILVA, ^{1,2}J. E. SIMÕES NETO

Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal Rural de Pernambuco

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6860-5717>

cleica.rafaela@yahoo.com.br*

Submitted November 11, 2022 - Accepted February 8, 2023

DOI: 10pts.15628/holos.2023.14429

RESUMO

Este trabalho é um recorte de uma pesquisa em nível mestrado, e tem por objetivo analisar os modos de pensar sobre os conceitos de entropia e espontaneidade que emergem nas respostas de estudantes de licenciatura a três situações-problema, integrantes de uma sequência didática para discussão desses conceitos, na perspectiva da Teoria dos Perfis Conceituais. Essas situações-problema foram elaboradas considerando contextos em que diferentes zonas do perfil conceitual possuem valor pragmático. A análise das respostas foi

realizada de acordo com os padrões temáticos de Lemke, que estabelece relações semânticas de acordo com as interações discursivas. Os resultados apontam a emergência de duas zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade, perceptiva/intuitiva e empírica, no entanto, nem sempre foi possível identificar um modo de pensar sobre esses conceitos, pois os estudantes evitaram utilizar o conceito de entropia, buscando utilizar outros conceitos estudados no Ensino Médio.

PALAVRAS CHAVE: Perfil Conceitual, Entropia e Espontaneidade, Situações-Problema.

WAYS TO THINK THE CONCEPTS OF ENTROPY AND SPONTANEITY USING PROBLEM-SITUATIONS

ABSTRACT

This work is an excerpt from a research at master's level, and aims to analyze the ways of thinking about the concepts of entropy and spontaneity that emerge in the responses of undergraduate students to three problemsituations, part of a didactic sequence for discussing these concepts, from the perspective of the Theory of Conceptual Profiles. These problem-situations were developed considering contexts in which different areas of the conceptual profile have pragmatic value. The

analysis of responses was carried out according to Lemke's thematic patterns, which establish semantic relations according to discursive interactions. The results point to the emergence of two zones of the conceptual profile of entropy and spontaneity, perceptual/intuitive and empirical, however, it was not always possible to identify a way of thinking about these concepts, as students avoided using the concept of entropy, seeking to use other concepts studied in school.

KEYWORDS: Conceptual Profile, Entropy and Spontaneity, Problem-Situations.

1 INICIANDO O DEBATE: ENSINO E APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE ENTROPIA

As abordagens da ciência escolar com relação ao conceito de entropia, deves importante nos estudos da termodinâmica e termodinâmica química, se concentram na definição e utilização da variação de entropia, dS , que ocorre como resultado de um processo físico ou químico, motivada pela ideia de que tal variação leva à uma dispersão da energia, que depende da quantidade de energia que é transferida como calor, com base na ideia de que é ele que estimula movimentos aleatórios (Atkins & Paula, 2010). Assim, temos que se o calor for transferido para o sistema, deveria ocorrer um aumento da dispersão da energia. Como entropia deveria ser função de estado e o diferencial de calor é uma diferencial inexata, o inverso da temperatura surge como o fator de integração mais simples, que torna a entropia uma função de estado, ou seja, que depende apenas dos estados inicial e final, e não da trajetória, conforme apresentamos na equação 1, na qual dq_{rev} é o calor associado a um processo reversível e T é a temperatura na qual esse processo evolui.

$$dS = \frac{dq_{rev}}{T}, \quad \text{Equação 1}$$

Pela definição apresentada, percebemos que o conceito de entropia não é simples e exige, para sua plena compreensão, um adequado conhecimento de termodinâmica, bem como de potente capacidade de abstração e de compreensão da matemática envolvida na sua formulação. A dificuldade em compreender esse conceito já foi discutida em diversas pesquisas na área de ensino de Ciências (Colovan & Silva, 2005; Almeida, 2011; Cunha, Santos & Queiroz, 2013; Guimarães, Silva & Simões Neto, 2019) e pode estar relacionada com a abordagem superficial, ou muitas vezes inexistente, nas salas de aula do Ensino Médio. Para esse trabalho, daremos destaque a discussão sobre o conceito em tela seguindo os caminhos trilhados por Amaral (2004), em trabalho doutoral que discutiu os conceitos de entropia e espontaneidade e a 2ª lei da Termodinâmica considerando a Teoria dos Perfis Conceituais (Mortimer, 2000; Mortimer & E-Hani, 2014).

Tal teoria surgiu no Brasil e no contexto do ensino de Ciências, inicialmente como uma noção que visava organizar a heterogeneidade de modos de pensar determinados conceitos científicos em sala de aula, se constituindo posteriormente como uma teoria de aprendizagem de origem sul-americana. Nela, consideramos que pessoas exibem diferentes formas de ver e de conceituar o mundo, e assim, apresentam diferentes modos de pensar, usados de maneira eficiente em diferentes cenários. Para um perfil conceitual de determinado conceito são constituídas zonas, que representam estes diferentes modos de pensar sobre o conceito e que possuem valor pragmático em contextos específicos, que podem coexistir em um indivíduo, traduzindo uma pluralidade de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos. É tal valor pragmático que determina a relação entre um modo de pensar e o contexto de utilização mais apropriado (Mortimer et al., 2014).

Podemos pensar na Teoria dos Perfis Conceituais para estruturação de propostas didáticas para a sala de aula (Simões Neto et al., 2015; Amaral, Silva & Sabino, 2018). Para Ribeiro (2013), pensar as atividades didáticas com base na referida teoria nos permite acompanhar a evolução das ideias dos indivíduos sobre determinado conceito, observar a relação entre a constituição das diferentes zonas de um perfil conceitual e a influência do contexto, para possibilitar, além da

ampliação dos modos de pensar conhecidos e estabelecidos, também a tomada de consciência da diversidade de significados que um conceito pode admitir e as implicações deles para os processos de ensino e aprendizagem, sendo estes os dois processos relacionados na denominada dimensão da aprendizagem. É nesta direção de trabalho, crescente no programa de pesquisa em Perfis Conceituais, que o presente trabalho se situa.

Amaral e Mortimer (2004) apresentaram uma proposta de Perfil Conceitual para entropia e espontaneidade, considerando a metodologia de proposição usual (Mortimer & El-Hani, 2014), a partir de ideias da história da Ciência, da literatura em educação em Ciências, sobretudo acerca de concepções informais ou alternativas, e de dados obtidos a partir das salas de aula. Inicialmente quatro zonas foram propostas, mas após o perfil ser revisitado, estas foram reorganizadas em três (Amaral, Mortimer & Scott, 2014), apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Perfil Conceitual de Entropia e Espontaneidade

Zona	Definição
Perceptiva/Intuitiva	Corresponde às ideias de espontaneidade que emergem das impressões imediatas, das sensações e intuições, e que não consideram as condições em que os processos ocorrem, ou seja, a ideia de entender um fenômeno como espontâneo, sem preocupação com as causas.
Empírica	Está relacionada com as ideias nas quais a experiência começa a ser analisada levando em consideração as condições nas quais os processos ocorrem.
Racionalista	Compreende o formalismo matemático e as ideias sobre a espontaneidade dos processos que levam em consideração a distribuição de energia em um nível atômico-molecular.

Diante do exposto no nosso debate inicia, o presente artigo tem por objetivo analisar os modos de pensar sobre os conceitos de entropia e espontaneidade que emergem nas respostas de estudantes de licenciatura em Química dadas a três situações-problema, que integram uma sequência didática para discussão desses conceitos, buscando um olhar para a aprendizagem na perspectiva da Teoria dos Perfis Conceituais.

2 A ESTRATÉGIA DIDÁTICA UTILIZADA – SITUAÇÕES-PROBLEMA

Ensinar Ciências a partir da resolução de problemas é, na Didática das Ciências, um caminho evidente para o estabelecimento de uma postura mais ativa do estudante em sala de aula, o que nos parece essencial para desenvolver a autonomia, responsabilidade, potencial de colaboração e, sobretudo, a motivação intrínseca, ou seja, fazer com que aprender Ciências ocorra por uma vontade de saber, não apenas em busca de uma boa nota ou justificar o investimento dos pais e/ou de toda a comunidade escolar (Silva & Simões Neto, 2018).

Assim, para a abordagem dos conceitos de entropia e espontaneidade em sala de aula, consideramos a ideia de situações-problema, proposta por Meirieu (1998). Para o autor:

Uma situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa (p. 189).

Em linhas gerais, uma situação-problema é parte de uma estratégia didática na qual se estabelece uma situação, com contexto definido, e um obstáculo, que deve ser superado em movimento que configura a aprendizagem – no sentido que apenas se tal obstáculo for transposto a aprendizagem será efetiva.

Além dos dois elementos essenciais já citados, situação e obstáculo, uma situação-problema deve conter dois outros dispositivos, necessariamente instalados na sua estrutura. O primeiro, que deve dar condições para a realização da tarefa e superação do obstáculo, pode ser estruturado em textos de apoio, multimeios, espaços de diálogo, entre outros, com objetivo de permitir a aprendizagem necessária para superação do obstáculo. O outro, denominado sistema de restrição, é um direcionamento com finalidade de evitar a consideração de respostas banais, em outras palavras, informa que a resposta necessária para superação do obstáculo deve ser estruturada e atender aos critérios demarcados no comando da atividade.

As situações-problema foram elaboradas considerando como contextos situações nas quais um modo de pensar específico, associado a uma das três zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade, possui considerável valor pragmático. Ou seja, utilizar, como contexto, situações em que sejam emergentes, nas formas de falar, os modos de pensar (Mortimer, 2001) relacionados as zonas perceptiva/intuitiva, empírica e racionalista.

Assim, foram elaboradas as situações-problema apresentadas na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Situações-Problema

Ordem	Situação-Problema
-------	-------------------

1

Uma exposição sobre ciência e arte estava sendo organizada pelo grupo de divulgação científica de uma universidade no agreste de Pernambuco. Uma das obras expostas era a charge de Sidney Harris apresentada ao lado. Com base na imagem e nos seus conhecimentos sobre termodinâmica, qual a principal ideia sobre entropia apresentada na charge? Quais elementos da imagem corroboram para identificação dessa ideia?

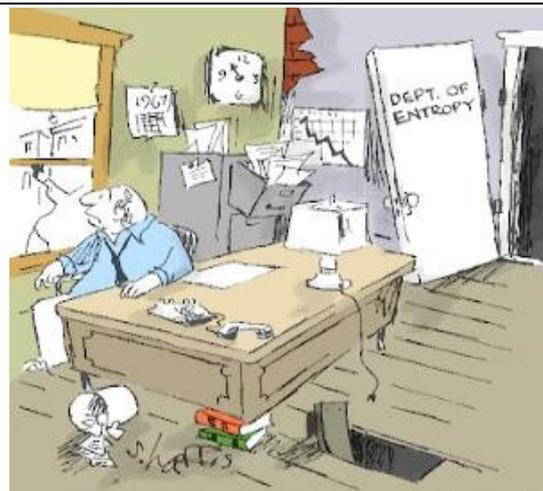


Figura 1: Charge “Dept. de Entropia”, de Harris

O ser humano tem o poder de modificar o mundo! Desde a pré-história até os dias atuais o planeta foi submetido a inúmeras modificações, sendo hoje a paisagem totalmente modificada pelos avanços na ciência, tecnologia, engenharia e arquitetura. Observe a sequência de imagens e responda: como os conceitos de entropia e espontaneidade podem ajudar a explicar esses fenômenos?

2



Figura 2: Sequência de imagens “O ser humano modifica o mundo”

3

Quando abastecemos um carro estamos pensando na energia que o combustível pode fornecer para colocá-lo em movimento. Com base nas leis da termodinâmica sabemos que a energia se conserva em todos os processos físicos, químicos e biológicos. Porém, não podemos transitar com o carro sem abastecê-lo novamente após alguns dias. Se a energia se conserva, por que devemos abastecer regularmente os automóveis com mais combustível? Forneça duas explicações para a pergunta, considerando aspectos macroscópicos e aspectos microscópicos.

Embora cada uma tenha sido elaborada com foco em um modo de pensar específico, todas as zonas do perfil conceitual podem emergir em cada uma das situações-problema (Simões Neto et al., 2015). No trabalho efetivo em sala de aula, organizamos um material impresso contendo os três problemas, que foram disponibilizados aos 18 estudantes participantes da pesquisa, que se encontravam divididos em dois grupos. O tempo destinado para realização da atividade foi de 50 minutos e após findado o tempo cada grupo apresentou, em no máximo cinco minutos, as suas respostas aos demais colegas, com a sala organizada em círculo. Ao final da aula as respostas das situações-problema foram entregues, sendo esses os dados obtidos para o recorte apresentado nesse texto.

3 PADRÕES TEMÁTICOS

As respostas apresentadas pelos dois grupos para cada uma das situações-problema foram analisadas a partir dos padrões temáticos de Lemke (1997), considerando a ideia de que a aprendizagem em Ciências está associada à aprendizagem da linguagem da Ciência, incluindo aspectos referentes a ler, escrever, interpretar e resolver problemas mediado por essa linguagem específica. Para compreender a relação entre os significados das palavras, o autor propõe uso de uma ferramenta chamada diagrama temático, que se configura como uma forma de representar o padrão temático produzido nas interações discursivas em sala de aula, ou em qualquer outro discurso sobre Ciência.

A forma como uma pessoa fala sobre um tema pode diferenciá-la ou incluí-la em um grupo social. Na medida em que os sujeitos participam de uma comunidade, as coisas que falam não são diferentes do que falam os outros membros, existindo a tendência de que cheguem ao mesmo padrão de significados. No entanto, pode haver diferenças nos padrões, devido a questões específicas como teorias, opiniões, sistemas de valores, que podem ser diferentes para uma determinada parcela de membros de um grupo.

Podemos entender o padrão temático como a forma que uma comunidade fala sobre um tema, sendo composto por itens temáticos, elementos que podem ser ditos de diferentes formas, por exemplo, som, ondas de som, vibrações, mas expressam a mesma coisa. Os diferentes itens temáticos guardam uma relação entre si, chamada de relação semântica.

Nossa proposta de utilização dos padrões temáticos é baseada em Silva (2017), estruturada em quatro passos: (1) identificação de trechos em que os conceitos de entropia e espontaneidade estão expressos nas respostas; (2) construção/identificação dos itens temáticos, termos da ciência e termos relacionados ao senso comum; (3) construção das relações semânticas estabelecidas entre cada termo; (4) junção dessas relações semânticas em um padrão temático.

Optamos por não construir um diagrama temático, pois na nossa visão é mais interessante para perceber a emergência das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade, trabalhar com tabelas de organização dos itens temáticos e das relações semânticas. Para facilitar a identificação dos itens temáticos, buscaremos, na apresentação dos resultados, destacamos os trechos que estão relacionados ao domínio investigado, utilizando quadros. Todos os nomes utilizados para os participantes da pesquisa são fictícios, para fazer valer as questões éticas da pesquisa envolvendo seres humanos.

Por fim, destacamos que as relações semânticas descrevem como esses itens temáticos se relacionam, ou seja, quais os significados de duas palavras ou frases, quando são usadas conjuntamente para se falar sobre o tema em questão. Aqui, utilizamos algumas relações semânticas baseadas na proposta de Lemke: relações nominais, relações de transitividade, relações de identificação/posse, relações circunstanciais e relações que ocorrem entre conjuntos completos ou vinculados.

4 MODOS DE PENSAR O CONCEITO DE ENTROPIA E ESPONTANEIDADE

Na análise proposta, buscamos mapear os modos de pensar, a partir da identificação das diferentes formas de falar (Mortimer, 2001) explicitadas nas respostas dos estudantes para as

situações-problema. Assim, acessamos os modos de pensar a partir da observação da emergência dos modos de pensar os conceitos de entropia e espontaneidade, nas respostas dos licenciandos em Química, e partindo disso, caracterizamos as três zonas do perfil, demonstrando a pluralidade de significados do conceito de entropia e espontaneidade quando colocado em uso em situações do cotidiano.

Inicialmente iremos destacar as respostas para a primeira situação-problema, que tem foco na zona perceptiva/intuitiva, para em seguida discutir a situação-problema dois, associada a zona empírica e, por fim, discutiremos a terceira situação-problema, relacionada a zona racionalista.

4.1 Situação-Problema 1 (SP1)

No Quadro 1 apresentamos as respostas apresentadas pelos dois grupos na resolução da primeira situação-problema, transcritas exatamente como foram apresentadas, bem como turnos de fala referentes as discussões realizadas em sala de aula.

Quadro 1: Respostas e discussão - SP1

Identificação		Respostas
Grupo 1	Resposta	A partir da imagem infere-se que que modelo conceitual de entropia está relacionada com a desordem do sistema. Macroscopicamente temos que o sistema é a sala, e a desorganização do ambiente está relacionada com os arquivos espalhados, o piso de madeira quebrado, o lixo espalhado, e etc.
	Discussão	<p>Helena: <i>“Ou seja, a gente pode observar que o meio de pesquisa dele que é a entropia, tomou conta de tudo que está ao redor dele e a gente pode ver que toda a sala tá um verdadeiro caos, uma verdadeira desordem, aí foi isso que conseguimos relacionar ao termo entropia que esse era o departamento de entropia ou seja, a área de pesquisa dele com toda a sala, desde a porta até os papeis, tudo.</i></p> <p>Pesquisador: <i>“E sobre espontaneidade, é espontâneo, não espontâneo”?</i></p> <p>Helena: <i>E essas coisas que aconteceram podemos dizer que foi um processo espontâneo, que assim, não sei a porta, porém a rachadura na parede, que pode ter sido com o tempo, é algo que caiu, os papeis que se desorganizaram, não foi ele que fez isso, de uma hora para outra, vai acontecendo com o tempo, num processo espontâneo.</i></p>
Grupo 2	Resposta	A desordem do sistema (sala), O piso, parede, o vidro, porta, lixo, arquivo, relógio, mesa. Espontâneo, pois nota-se que alguns objetos são afetados pelo tempo.

Discussão	<p>Rafael: <i>“Mas de fato podemos observar que existe processos que também contribuiu como o lixeiro derrubado, o telefone fora do gancho, a porta pode ter sido um processo que influenciou, mas de fato, mesmo assim ele teve que abrir para entrar pra sala”.</i></p> <p>Mariana: <i>“Mostra também que a desordem afetou tanto que não foi na sala, afetou também nele que a gravata com o nó solto, os botões da camisa e até o cadarço dele está desamarrado”.</i></p> <p>Mediadora: <i>Então vocês estão me confirmando que a desordem é em todo o sistema, e não em locais pontuais. Inclusive na pessoa, existe a desorganização por isso que todo o ambiente é contemplado. Mais alguém? Nesse sentido, temos também que é característico da entropia, essa desordem, daí isso é provocado na charge através da desorganização do local e da pessoa como um reflexo de todo o sistema.</i></p>
-----------	---

A partir das interações relacionadas a resolução e apresentação de respostas acerca da situação-problema 1, identificamos os itens temáticos e as relações semânticas de cada grupo, que estão apresentadas no Quadro 2:

Quadro 2: Sistematização das relações semânticas presentes na resposta de SP1

Grupos	Item temático	Relação semântica*	Item temático
Grupo 1	Entropia	Agente/processo	Desordem do sistema
	Entropia	Agente/processo	Sistema (sala)
	Entropia	Portador/atributo	Desorganização do ambiente
	Entropia	Classificador/coisa	Arquivos espalhados
Grupo 2	Entropia	Parte/todo	Desordem do sistema
	Entropia	Agente/processo	Sistema (sala)
	Entropia	Coisa/Classificador	Processo espontâneo
	Entropia	Portador/Atributo	Objetos afetados pelo tempo

*As denominações antes da barra (/) consistem no papel desempenhado pelo termo antecedente, seguido do papel desempenhado pelo termo subsequente na relação semântica.

A partir da análise das respostas foi possível identificar os itens temáticos entropia, desordem (do sistema), desorganização, sistema (sala), processo espontâneo. Percebemos a emergência de modos de pensar associados a duas zonas, conforme Quadro 3.

Quadro 3: Zonas do perfil conceitual para entropia e espontaneidade para as respostas da SP1

Grupo	Resposta	Zona
-------	----------	------

1	A partir da imagem infere-se que modelo conceitual de entropia está relacionada com a desordem do sistema . Macroscopicamente temos que o sistema é a sala , e a desorganização do ambiente está relacionada com os arquivos espalhados, o piso de madeira quebrado, o lixo espalhado, etc.	Empírica
2	A desordem do sistema (sala); o piso, parede, o vidro, porta, lixo, arquivo, relógio, mesa; espontâneo , pois nota-se que alguns objetos são afetados pelo tempo.	Perceptiva/Intuitiva

Considerando os itens temáticos identificados nas falas dos estudantes dos dois grupos, percebemos que eles conseguem estabelecer a relação de que a sala apresentada na charge, representando um fictício departamento de entropia, está desorganizada, ou seja, todas as coisas estão fora do lugar, em referência aos objetos que estão danificados ou colocados em um local que não parece adequado. Tal desorganização é identificada como uma ação espontânea, que aconteceu durante um certo tempo.

Foi possível identificar por meio das palavras destacadas em negrito a emergência da zona empírica na forma de falar utilizada na resposta apresentada pelo grupo 1, que relaciona a entropia com a desordem do sistema, sendo o sistema a sala e a desorganização observada a partir dos danos estruturais e acúmulo de lixo, por exemplo, com base na ideia de que a medida de um grau de desordem está intimamente ligada a entropia: sala desorganizada indica alta entropia. Já o grupo dois apresentou uma resposta que relacionamos a ideias da zona perceptiva/intuitiva, pelo destaque dado a ideia de espontaneidade, relacionado a falta de organização e deterioração do espaço com um processo espontâneo na direção da máxima entropia, guardando relação direta entre os dois conceitos.

4.2 Situação-Problema 2 (SP2)

No Quadro 4 estão as respostas apresentadas para segunda questão, como entregues, além da transcrição exata das discussões realizadas em sala de aula, na apresentação das respostas.

Quadro 4: Respostas e discussão - SP2

Identificação		Respostas
Grupo 1	Resposta	Inicialmente temos a paisagem natural, uma jazida em que a entropia do universo tende a aumentar, seguindo as imagens temos a extração do minério, a matéria – prima e por fim o produto, desta forma ocorre a influência de um agente externo (O homem) realizando trabalho sobre o meio fazendo com que se tenha uma organização do ambiente e, portanto, é um processo não – espontâneo irreversível.

	Discussão	<p>Pedro: <i>“Como já foi falado inicialmente nós temos a paisagem natural que é uma jazida, depois ocorre a extração do minério e a fabricação da matéria prima, e o produto final disso tudo é a torre Eiffel. Ou seja, os conceitos de entropia estão relacionados que a paisagem natural nós temos uma entropia maior do que o produto final, porque justamente ocorre uma transformação não espontânea porque tem a intervenção de um agente externo que nesse caso é o homem. Então a entropia ao longo dessas imagens vai diminuindo porque ocorre uma organização, já que inicialmente nós temos a desorganização total da paisagem natural do universo. E por fim nós temos que foi feita uma série de etapas em que houve a organização de todo esse material para gerar um produto”.</i></p> <p>Helena: <i>“Que o homem foi o grande responsável para tornar a partir da jazida até chegar a torre Eiffel. Então, a gente vê como um processo não espontâneo.</i></p>
Grupo 2	Resposta	Ao longo do tempo a entropia diminui conforme a ação do homem, logo não é espontâneo, pois a transformação é retida. A transformação é física, mas a oxidação do metal é química.
	Discussão	Rafael: <i>“Podemos observar que é uma transformação física da matéria. Logo... (inaudível). Também de fato olhando as imagens individualmente, a primeira jazida e a terceira, o ferro, é um processo espontâneo...</i>

A partir da transição da discussão relacionada a situação-problema 2, foram identificados os itens temáticos e relações semânticas de cada grupo: entropia do universo tende a aumentar, influência de um agente externo (o homem), realizando trabalho, organização do ambiente, processo não-espontâneo irreversível, ação do homem, processo não espontâneo e transformação, conforme apresentamos na sistematização organizada no Quadro 5, a seguir:

Quadro 5: Sistematização das relações semânticas presentes na resposta de SP2

Grupos	Item temático	Relação semântica*	Item temático
Grupo 1	Jazida	Portador/atributo	Entropia do universo
	Jazida	Coisa/Classificador	Aumento (extração, matériaprima, produto)
	Agente externo (homem)	Portador/atributo	Realização (Trabalho)
	Organização do ambiente	Agente/processo	Processo não espontâneo reversível
	Entropia	Agente/processo	Diminui (ação do homem)
Grupo 2	Entropia	Agente/processo	Processo não – espontâneo

	Processo não - espontâneo	Coisa/classificador	Transformação retira
	Transformação retira	Coisa/classificador	Transformação física
	Transformação física	Agente/processo	Transformação Química (Oxidação do metal)

*As denominações antes da barra (/) consistem no papel desempenhado pelo termo antecedente, seguido do papel desempenhado pelo termo subsequente na relação semântica.

No trabalho com a segunda situação-problema, percebemos a emergência de duas zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade, com destaque para a ocorrência de um discurso híbrido, aquele que relaciona mais de uma zona de um determinado perfil conceitual em uma mesma fala. As zonas que emergiram estão apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6: Zonas do perfil conceitual para entropia e espontaneidade para as respostas da SP2

Grupo	Resposta	Zona
1	Inicialmente temos a paisagem natural, uma jazida em que a entropia do universo tende a aumentar , seguindo as imagens temos a extração do minério, a matéria – prima e por fim o produto, desta forma ocorre a influência de um agente externo (O homem) realizando trabalho sobre o meio fazendo com que se tenha uma organização do ambiente e, portanto, é um processo não – espontâneo irreversível .	Empírica Perceptiva/Intuitiva
2	Ao longo do tempo a entropia diminui conforme a ação do homem , logo não é espontâneo , pois a transformação é retida. A transformação é física, mas a oxidação do metal é química.	Empírica Perceptiva/Intuitiva

A relação existente, por meio da identificação desses itens temáticos, ocorre devido a organização dos processos, promovida pela ação humana, já que mulheres e homens podem mudar o mundo e organizar o sistema por meio da transformação. Logo, o processo, desde a extração do minério até o produto final, é não-espontâneo, já que não ocorre de forma natural e pessoas exercem o trabalho responsável por todo percurso.

A partir dos itens temáticos identificados, foi possível verificar a emergência das zonas perceptiva/intuitiva e empírica do perfil conceitual, nas respostas elaboradas pelos dois grupos. Destacamos que nas respostas dos dois grupos percebemos a existência de hibridismo, ou seja, da emergência de mais de um modo de pensar sobre os conceitos de entropia e espontaneidade em um mesmo enunciado (Diniz Jr., Silva & Amaral, 2015), podendo ser identificada a zona empírica, em afirmações relacionadas a mensurar grandezas, como em “*entropia do universo tende a aumentar*” (grupo 1) e “*a entropia diminui*” (grupo 2), e a zona perceptiva/intuitiva, quando se destaca a ação do ser humano como agente externo para realizar o trabalho de transformação do ambiente, fazendo ocorrer um processo não espontâneo.

4.3 Situação-Problema 3 (SP3)

No Quadro 7 apresentamos as duas respostas para a resolução da terceira situação-problema, transcritas exatamente como foram apresentadas pelos grupos, e também as discussões realizadas em sala de aula.

Quadro 7: Respostas e discussão - SP3

Identificação		Respostas
Grupo 1	Resposta	É necessário abastecer o veículo, visto que, a fonte de energia primária (combustível) foi consumida impossibilitando o automóvel de realizar trabalho. Desta forma como há conservação da energia, a realização de trabalho possibilita a conversão de energia primária do combustível é convertida em energia cinética, a partir dos processos de exaustão, combustão e etc.
	Discussão	Helena: “A gente pode comparar também que não é uma máquina perfeita, então não pode continuar fazendo aquele ciclo, ou seja, se fosse uma máquina perfeita a gente colocaria gasolina uma vez e ali ficaria em um ciclo introduzindo 100%. Mas como a gente vê o carro libera digamos assim, pelo cano de escape que é liberada uma quantidade, a outra quantidade é dissipada em forma de calor no motor e também várias formas que a gente pode dizer que perdemos esse tipo de energia, seja para o ambiente ou para o funcionamento interno, etc. ” Lúcio: “É porque dentro do carro ocorre a transformação da energia térmica na energia cinética , no caso é a queima do combustível que faz com que a energia cinética seja criada e o carro entre em movimento”.
Grupo 2	Resposta	A energia só se conserva se o motor estiver ligado. Macro: a energia é transformada em trabalho, o que é irreversível durante o gasto de combustível; Micro: a reação de combustão no sistema. O que ocorre na queima de combustível, onde as moléculas são excitadas e consumidas.
	Discussão	Cecília: “A transformação é microscópica também justifica quando fala da queima do combustível, onde as moléculas que formam o combustível em si elas são excitadas e no caso são consumidas justamente para poder haver o trabalho ”. Rafael: “A parte macroscópica poderia ser de fato todo é desde início coloca o combustível que a gente vai observando pelas partes do relógio, que a gente acha que está sendo consumido, ou seja, é a parte macroscópica de fatos básicas. E a microscópica seria a queima que é utilização do combustível não sendo 100% suficiente, porque ao liberar
		CO ₂ , e o CO ₂ é fonte de energia que mesmo assim a gente faz a liberação do escapamento do carro, aí por isso essa energia”.

A partir da análise das respostas elaboradas para a situação-problema 3 foi possível identificar os itens temáticos e as relações semânticas estabelecidas por cada grupo: Energia, conservação de energia, combustível, energia cinética, macroscópico, microscópico, combustão do sistema, moléculas, trabalho. No entanto, a ideia de degradação de energia, que está relacionada a situações em que uma determinada forma de energia se transforma em outra, que não é mais útil ao processo de interesse, não foi utilizada por nenhum dos grupos, ao propor a resolução da situação-problema 3. A sistematização da análise está apresentada no Quadro 8, a seguir.

Quadro 8: Sistematização das relações semânticas presentes na resposta de SP3

Grupos	Item temático	Relação semântica*	Item temático
Grupo 1	Fonte de energia primária (combustível)	Todo/Parte	Consumo
	Consumo	Agente/processo	Impossibilidade de realizar trabalho
	Impossibilidade de realizar trabalho	Agente/processo	Conversão de energia primária
	Conversão de energia primária	Agente/processo	Energia cinética
	Energia cinética	Agente/processo	Processo de exaustão e combustão
Grupo 2	Conservação da energia	Agente/processo	Macroscópico
	Macroscópico	Coisa/ classificador	Energia transformada em trabalho
	Energia transformada em trabalho	Agente/processo	Processo irreversível
	Processo irreversível	Portador/atributo	Gasto do combustível
	Gasto do combustível	Agente/processo	Microscópico
	Microscópico	Agente/processo	Reação de combustão no sistema
	Reação de combustão no sistema	Parte/todo	Queima de combustível
	Queima de combustível	Agente/processo	Moléculas excitadas e consumidas

*As denominações antes da barra (/) consistem no papel desempenhado pelo termo antecedente, seguido do papel desempenhado pelo termo subsequente na relação semântica.

Para o grupo 1, as relações identificadas demonstram a ideia de que é preciso reabastecer o carro eventualmente, pois o combustível é uma fonte de energia primária, necessária para o funcionamento adequado do automóvel, ou seja, sem ela o carro não seria capaz de se movimentar. Para o grupo 2 a energia só se conserva caso o motor esteja ligado, apresentando uma condição inexistente para o processo.

Percebemos que nenhuma das respostas utiliza os conceitos de entropia e espontaneidade, assim, inferimos que não houve emergência de nenhuma zona do perfil conceitual nas respostas a essa situação-problema. Assim, destacamos a centralidade da discussão acerca do processo de conservação de energia, como dito anteriormente, sem destacar a degradação de energia, processo mais associada ao conceito de entropia.

No entanto, na discussão realizada após a apresentação da resposta do primeiro grupo, apontamos o trecho em que a participante Helena afirma que o carro não é uma máquina perfeita, e, conseqüentemente “*não pode continuar fazendo aquele ciclo*” e que apenas se perfeita fosse, “*a gente colocaria gasolina apenas uma vez e ali ficaria em um ciclo introduzido 100%*”. A participante também utiliza a ideia que uma certa quantidade de energia é **dissipada** na forma de calor pelo motor, para o ambiente. Podemos evidenciar indícios de utilização da linguagem científica, na utilização de conceitos como calor e entropia, e de termos como energia dissipada, por exemplo. Tal evidência permite a inferência que marca a emergência da zona racionalista do perfil conceitual de entropia e espontaneidade, no entanto, na discussão, não na resposta à situação-problema.

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Para esse trabalho, recorte de uma pesquisa mais ampla sobre o ensino e a aprendizagem dos conceitos de entropia e espontaneidade a partir do perfil conceitual, buscamos discutir o potencial de três situações-problema, partes integrantes de uma sequência didática, em fazer emergir diferentes modos de pensar, em formas de falar, sobre tais conceitos, por apresentarem como contextos situações em que os diferentes significados apresentados possuem valor pragmático considerado, possibilitando o mapeamento das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade (Amaral & Mortimer, 2004). A análise das respostas às situações-problema foi realizada utilizando a proposta de Silva (2017), por sua vez ancorada nos padrões temáticos de Lemke (1997), que estabelecem relações semânticas de acordo com as interações discursivas, além da identificação das zonas do perfil conceitual de entropia e espontaneidade.

Nossos resultados apontam para a emergência predominante de duas zonas, a zona perceptiva/intuitiva, em maior número de ocorrências, e a zona empírica. Não reconhecemos nenhuma situação de emergência da zona racionalista, salvo pela contribuição de uma única participante no momento de discussão acerca da terceira situação-problema, mas de forma pontual e isolada. Um possível motivo para a ausência desse modo de pensar nas respostas pode

estar em opção evidente dos estudantes participantes da pesquisa, que evitaram, principalmente nos momentos de fala e de debate, abordar o conceito de entropia, buscando discutir fazendo uso de outros conceitos da termodinâmica mais familiares, que foram estudados com maior atenção desde o Ensino Médio.

Por fim, destacamos a emergência de duas zonas do perfil conceitual em um mesmo enunciado, o que caracteriza a presença de um discurso híbrido, ou seja, modos de pensar diferentes que emergem na mesma resposta.

6 REFERÊNCIAS

Almeida, U. F. (2011). *Sobre o conceito de entropia nos livros didáticos brasileiros para o Ensino Médio*. (Monografia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

Amaral, E. M. R. (2004). *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 em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Amaral, E. M. R., & Mortimer, E. F. (2004). Un perfil conceptual para entropía y espontaneidade: una caracterización de las formas de pensar y hablar em el aula de química. *Educación Química*, 3, 60-75.

Amaral, E. M. R., Mortimer, E. F., & Scott, P. (2014). A conceptual profile of entropy and spontaneity: characterizing modes of thinking and ways of speaking in the classroom. In E. F. Mortimer & C. N. El-Hani (eds). *Conceptual Profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts*. Springer.

Amaral, E. M. R., Silva, J. R. R. T., & Sabino, J. D. (2018). Analysing processes of conceptualization for students in lessons on substance from the emergence of conceptual profile zones. *Chemistry Education Research and Practice*, extra, 399.

Araújo, A. O. (2014). *O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas*. (Tese de Doutorado em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

Atking, P., & Paula, J. (2010). *Físico-Química*. (8ª ed.). São Paulo: LTC.

- Colovan, S. C. T., & Silva, D. A entropia no Ensino Médio: utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. *Ciência & Educação*, 11(1), 90-117.
- Cunha, F. A. R., Santos, O. P., & Queiroz, J. R. O. (2013). O ensino de entropia com enfoque na histórica da ciência. In Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia, São Paulo, Brasil (pp. 1-8). Águas de Lindóia.
- Diniz Júnior, A. I., Silva, J. R. R. T., & Amaral, E. M. R. (2015). Zonas do perfil conceitual de calor que emergem na fala de professores de química. *Química Nova na Escola*, 37(esp.), 55-67.
- Guimarães, C. R. A., Silva, F. C. V., & Simões Neto, J. E. (2019). Modos de pensar sobre entropia e espontaneidade de licenciandos em química a partir da teoria dos perfis conceituais. *Actio: Docência em Ciências*, 4(2), 15-29.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, Aprendizaje y Valores*. Barcelona: Paidós.
- Meirieu, P. (1998). *Aprender... sim, mas como?* Porto Alegre: Artmed.
- Mortimer, E. F. (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: EdUFMG.
- Mortimer, E. F. (2001). Perfil Conceptual: modos de pensar y formas de hablar em las aulas de ciência. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), 475-490.
- Mortimer, E. F., & El-Hani, C. N. (eds). (2014). *Conceptual Profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts*. Springer.
- Ribeiro, A. J. (2013). Elaborando um perfil conceitual de equação: desdobramentos para o ensino e a aprendizagem de matemática. *Ciência & Educação*, 19(1), 55-71.
- Silva, F. C. V., & Simões Neto, J. E. Reflexões sobre duas experiências com situação-problema na formação inicial de professores de Química. In: Nunes, A. O., & Dantas, J. M. *Educação Química & Licenciatura – Propostas e Reflexões*. São Paulo: Livraria da Física (pp. 141-173).

Silva, F. C. V. (2017). *Análise de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de ácido/base em uma experiência socialmente situada vivenciada por licenciandos em Química*. (Tese de Doutorado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil.

Simões Neto, J. E., Silva, J. R. R. T., Cruz, M. E. B., & Amaral, E. M. R. (2015). Una secuencia didáctica para abordar el concepto de calor en la enseñanza de estudiantes preuniversitarios. *Formación Universitaria*, 8, 03-10.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

Almeida Guimarães, C. R., Vieira da Silva, F. C., & Simões Neto, J. E. (2023). MODOS DE PENSAR OS CONCEITOS DE ENTROPIA E ESPONTANEIDADE UTILIZANDO SITUAÇÕES-PROBLEMA. HOLOS, 1(39). Recuperado de <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/14429>

SOBRE OS AUTORES

C.R.A. GUIMARÃES

Licenciada em Química e Mestre em Educação em Ciências e Matemática, pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professora da Educação Básica. E-mail: cleica.rafaela@yahoo.com.br
ORCID-ID: <https://orcid.org/0000-0001-6860-5717>

F.C.V. SILVA

Licenciada em Química, Mestre e Doutora em Ensino das Ciências pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Professora da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da UFRPE (UAST/UFRPE) e do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFPE (PPGECM/UFPE). Líder do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Química. E-mail: flavia.vsilva@ufrpe.br
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9044-6863>

J.E.SIMÕES NETO

Licenciado em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre e Doutor em Ensino das Ciências pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Professor do Departamento de Química da UFRPE (DQ/UFRPE), do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFPE (PPGECM/UFPE) e do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da UFRPE (PPGEC/UFRPE). Líder do Grupo de Investigação e Diálogos no Ensino de Química (GIDEQ). E-mail: euzebiosimo@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5599-5047>

Editora Responsável: Francinaide de Lima Silva Nascimento



Recebido: 11 de novembro de 2022

Aceito: 8 de fevereiro de 2023

Publicado: 1 de março de 2023