

SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE TERMODINÂMICA: UM MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO

DIDACTIC SEQUENCE OF THERMODYNAMICS: A POTENTIALLY MEANINGFUL MATERIAL

Simone Bonora Mazaro¹, Luiz Marcelo Darroz², Cleci Teresinha Werner da Rosa³

Recebido: abril/2019 Aprovado: novembro/2019

Resumo: Apresentam-se, neste artigo, os resultados de uma investigação que buscou identificar se uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Ausubel, e estruturada a partir da obra **A volta ao mundo em 80 dias**, de Júlio Verne, pode ser considerada um material potencialmente significativo para o estudo de Termodinâmica. A sequência foi implementada com um grupo de estudantes da segunda série do ensino médio de um município do interior do Rio Grande do Sul. Para a coleta de dados, utilizaram-se o diário de bordo elaborado pela professora, no decorrer da implementação, e entrevistas semiestruturadas realizadas com os estudantes. A análise dos dados guiou-se pela Análise Textual Discursiva (ATD), tendo como categorias *a priori*: relação dos conteúdos estudados com os conhecimentos anteriores dos estudantes; diferenciação progressiva e reconciliação integradora; materiais utilizados; participação e comprometimento nas atividades propostas; e estrutura e metodologia empregadas nas aulas. Como resultado, percebeu-se que a sequência proposta pode ser considerada um material potencialmente significativo para o estudo de Termodinâmica no ensino médio, visto que as atividades e os textos nela contidos favorecem a relação dos conhecimentos prévios dos estudantes com os assuntos abordados e possibilitam estabelecer ligações entre esses conhecimentos.

Palavras-chave: Ensino de Física, aprendizagem significativa, **A volta ao mundo em 80 dias**, material potencialmente significativo.

Abstract: This article presents the results of an investigation that aimed to identify whether a didactic sequence, based on the Meaningful Learning Theory (MLT) by David Ausubel and structured on the work by Jules Verne entitled **Around the world in 80 days**, may be considered potentially meaningful to the study of thermodynamics. The sequence was implemented with a group of second-year high school students in a city upstate Rio Grande do Sul, Brazil. Data were collected using the logbook created by the teacher, during implementation, as well as semi-structured interviews performed with the students. Data analysis was guided by Discourse Textual Analysis (DTA) with the following *a priori* categories: relationship of the content studied with previous student knowledge, progressive differentiation and integrative reconciliation, materials used, participation and commitment to the activities proposed, and structure and methodology applied in the classes. As a result, it was noted that the sequence proposed can be considered a potentially meaningful material for the study of thermodynamics in high school, whereas the activities and texts contained in it favor the relationship of previous student knowledge with the topics addressed and allow establishing connections with such knowledge.

¹  <https://orcid.org/0000-0002-3393-9474> - Escola estadual de ensino médio Cláudio Antônio Benvegnú. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática UPF. Água Santa, RS, Brasil. simonebonoramazaro@gmail.com.

²  <https://orcid.org/0000-0003-0884-9554> - UPF - Universidade de Passo Fundo. Doutor em Educação em Ciências UFRGS. Docente do PPGECM, Passo Fundo, RS, Brasil. ldarroz@upf.br.

³  <https://orcid.org/0000-0001-9933-8834> - UPF - Universidade de Passo Fundo. Doutora em Científica e Tecnológica UFSC. Docente do PPGECM, Passo Fundo, RS, Brasil. cwerner@upf.br.

Keywords: Physics teaching, meaningful learning, **Around the world in 80 days**, potentially meaningful material.

1. Introdução

Desde a Antiguidade, o ser humano demonstra curiosidade a respeito da natureza que o cerca. De fato, mesmo nos tempos mais remotos, já existia o desejo de compreender fenômenos naturais, buscar respostas, solucionar problemas que interferiam de uma forma ou de outra na vida da sociedade. E à medida que os séculos passavam, diversos pensadores foram dando sua contribuição para o crescimento do conhecimento. Nesse processo, a Física constituiu-se como uma das ciências mais importantes para a compreensão das situações cotidianas.

Dentre os ramos da Física, encontra-se a Termodinâmica, área dedicada aos estudos que envolvem calor, trabalho mecânico e outros aspectos de energia ou transformação entre as formas de energia. Essa área também passou por vários avanços, os quais possibilitaram a construção de máquinas a vapor e o desenvolvimento de máquinas com máxima eficiência, ocasionando, enfim, uma enorme evolução nas indústrias e nos automóveis.

No entanto, o que se percebe no campo educacional é que, normalmente, os estudantes consideram a Física uma área de difícil compreensão, com conceitos distantes do contexto em que estão inseridos. Segundo Michelen (2008), a Termodinâmica não foge a essa regra e também é encarada como um tema complexo para a maioria dos alunos. Sobre isso, Faccin (2015) ressalta que é comum os estudantes não gostarem de Física por, geralmente, não entenderem os conceitos; então, preferem decorá-los, em vez de entendê-los.

Nessa direção, Gregio (2016) pondera que as dificuldades enfrentadas no processo de ensino de Física e, especialmente, na compreensão dos conceitos de Termodinâmica podem estar relacionadas à forma de abordagem dos conceitos. Se essa abordagem for muito superficial, acarretará desinteresse por parte dos estudantes, pois eles não conseguirão estabelecer relações entre os conceitos e o seu dia a dia.

De Carli (2014), por sua vez, acrescenta que outro problema enfrentado no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos termodinâmicos diz respeito ao processo metodológico desenvolvido nos bancos escolares. Conforme o autor, as escolas e os estudantes não são mais os mesmos, e o educador não pode ignorar os novos recursos tecnológicos e metodológicos disponíveis. No entanto, muitos não os utilizam e continuam reproduzindo as mesmas formas por meio das quais aprenderam, em que o professor é o detentor do conhecimento e o estudante, um mero espectador (DE CARLI, 2014).

Assim, no que tange ao processo de ensino e aprendizagem da área, um dos desafios do professor é encontrar metodologias que despertem curiosidade, reflexão e interesse dos estudantes. Ou seja, o contexto atual exige propostas de ensino que sejam capazes de estabelecer relações entre a teoria estudada na escola e os conhecimentos anteriores dos estudantes, como propõe a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Ausubel.

Segundo Zanetic (2006), uma das formas de potencializar os estudos de Física, em especial, de Termodinâmica, é estabelecer a ligação de textos literários de ficção científica com

os conteúdos escolares. Para o autor, essas áreas distintas do conhecimento podem se relacionar harmoniosamente tanto no ambiente escolar como fora dele, um entendimento mais completo e efetivo do mundo.

Na mesma direção, Ferreira (2011) considera que é mediante uma aproximação entre duas áreas distintas do conhecimento e entre diferentes gêneros de linguagem que se pode buscar elementos e características associadas à contextualização dos conteúdos presentes nos livros didáticos de Física do ensino médio. Conforme o autor, textos de ficção científica podem incorporar elementos científicos, como os encontrados nas obras de Júlio Verne, permitindo que o estudante perpassasse ou preencha lacunas existentes entre o conhecimento científico e o imaginário e, até mesmo, relacione-o com seu cotidiano (FERREIRA, 2011, p. 28).

As obras de Verne se apresentam como um potencial contraponto entre essas duas áreas do conhecimento, interligando-as por meio de um vasto campo de possibilidades, no qual a ciência se mostra útil em várias circunstâncias, na medida em que os personagens do escritor usam conhecimentos científicos, teóricos e práticos para se livrar de situações perigosas. No livro **A volta ao mundo em 80 dias**, pode-se observar, em vários trechos, relações com o ensino de Termodinâmica e os avanços relativos à evolução dos meios de transporte, associados ao surgimento das máquinas a vapor, mais eficazes e responsáveis pelo feito do personagem principal.

A reflexão acerca dos contextos citados levou à elaboração de uma sequência didática que alia história de ficção científica e conceitos estudados nos bancos escolares. A implementação desta proposta junto a um grupo de estudantes do Ensino Médio, originou o problema de pesquisa aqui apresentado: uma sequência didática estruturada a partir da obra **A volta ao mundo em 80 dias**, de Júlio Verne, e fundamentada na TAS, de David Ausubel, pode ser considerada um material potencialmente significativo para o ensino de Termodinâmica?

Buscando responder a essa indagação, este texto visa apresentar o desenvolvimento da sequência elaborada a partir da obra **A volta ao mundo em 80 dias**, de Júlio Verne, e fundamentada na TAS, de David Ausubel e os resultados de uma investigação realizada no decorrer de sua implementação que buscou identificar se ela pode ser considerada um material potencialmente significativo para o ensino de Termodinâmica do Ensino Médio.

2. Aspectos teóricos e metodológicos

Representante do cognitivismo, David Paul Ausubel (Nova Iorque, 1918 – Nova Iorque, 2008) defendia as melhorias necessárias ao verdadeiro aprendizado, ou seja, o aprendizado significativo. Do seu ponto de vista, a aprendizagem é um processo de armazenamento de informações e conhecimentos que são incorporados na estrutura cognitiva do aprendiz para serem utilizados quando necessário (MOREIRA, 1999). Em outras palavras, trata-se da habilidade de organizar e utilizar o conhecimento.

A ideia central da TAS parte de identificar aquilo que o aprendiz já possui em sua estrutura cognitiva, podendo ser um conjunto de ideias ou conhecimentos que se processam de forma organizada nessa estrutura. Segundo Ausubel (1980), para que a aprendizagem

significativa ocorra, dois requisitos são importantes: o aprendiz deve querer aprender, e o material ou aula precisa ser potencialmente significativo. Além disso, esse material deve ativar os conceitos subsunçores e interligar conhecimentos, dando ao aprendiz condições de transformar esses últimos de maneira significativa.

De acordo com a TAS, uma nova informação se ancora em conceitos relevantes (subsunçores) já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel (1980) destaca as estruturas cognitivas como estruturas hierárquicas de conceitos que correspondem a representações de experiências vivenciais do indivíduo. A ocorrência da aprendizagem significativa resulta na ampliação e modificação do conceito subsunçor. A partir de um conceito mais amplo que se direciona aos específicos, o conhecimento pode ser construído de modo a se relacionar com novos conceitos, facilitando a compreensão das novas informações, o que dá significado real ao conhecimento adquirido.

Os organizadores prévios, na concepção do teórico, consistem em informações e recursos introdutórios que devem ser apresentados aos estudantes antes dos conteúdos curriculares específicos, para servir de ponte entre o que eles já sabem e o que irão aprender de forma significativa. Esses organizadores são mais eficazes quando apresentados no início das atividades e têm por objetivo provocar o interesse e o desejo de aprender (MOREIRA, 2001). Sua formulação deve primar por clareza, objetividade e um vocabulário bastante familiar ao público a que se destinam, a fim de que possam proporcionar a aprendizagem e seu valor pedagógico. Outra característica importante da TAS se refere ao fato de que o material deve ser potencialmente significativo e relacionável com a estrutura cognitiva do estudante, que, por sua vez, precisa estar disposto a fazer essa conexão.

Ausubel (1980) estabelece, ainda, alguns princípios que considera facilitadores da aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A primeira representa as ideias mais gerais, inclusivas da matéria, que devem ser apresentadas no início da atividade de ensino e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidades. Ou seja, para ele, deve-se partir do amplo para o específico. Já a reconciliação integradora diz respeito à matéria de ensino propriamente dita, que, além de proporcionar a diferenciação progressiva, precisa explorar explicitamente relações entre conceitos e preposições, destacar as diferenças e semelhanças e reconciliá-los. A reconciliação integradora representa, portanto, a relação entre conhecimentos, dando-lhes novos significados.

Na aprendizagem significativa, os novos conhecimentos vão se tornando significativos para o sujeito de modo progressivo. Por isso, a avaliação deve buscar evidências desse processo. Aprendizagem significativa implica compreensão. Logo, a avaliação deve identificar indícios de compreensão, não de forma mecânica, “decorada” – que, muitas vezes, pode ser resultante dessa aprendizagem –, mas sim de forma reflexiva e dialogada, que possibilite perceber a diferenciação progressiva de conceitos adquiridos significativamente pelo estudante.

Para Moreira (1999), Ausubel considera que a aprendizagem significativa contrapõe fundamentalmente a aprendizagem mecânica. Enquanto na primeira o aprendiz consegue integrar um novo conhecimento com aquilo que já sabia e, assim, estabelecer conexões, na segunda ele recebe a informação, mas não interage, isto é, sabe o conteúdo de um único modo.

Destaca-se, porém, que as duas formas constituem uma contínua, pois, quando o aprendiz não traz em sua estrutura cognitiva determinado conhecimento, ele aprende primeiro de forma mecânica, e criam-se conceitos subsunçores, ou seja, organizadores prévios, para, após, poderem se relacionar com o novo conhecimento.

Segundo Ausubel (1980), na TAS, é muito importante o papel do professor, que precisa preparar bem o material e ter clareza do que deve ensinar e do que deve saber, além de auxiliar o estudante a assimilar o conteúdo e organizar a sua própria estrutura de ensino cognitivo. Ainda, cabe-lhe motivar o aprendiz para querer aprender por meio do material potencialmente significativo, com histórias, vídeos, jogos, pesquisas, reflexões, levando-o a sair do estado passivo para o ativo.

Tais concepções teóricas permitiram elaborar a proposta que originou a investigação didática aqui relatada, a qual parte da premissa de que a obra literária **A volta ao mundo em 80 dias** contempla um assunto estimulador da curiosidade natural dos alunos, por apresentar um enredo que mescla aventura, romance e suspense (FERREIRA, 2011, p. 32). Ainda, considerou-se que conceitos referentes à Termodinâmica já estão incorporados à estrutura cognitiva dos estudantes e se formam ao longo da sua vivência cotidiana, com base nas informações veiculadas pelos meios de comunicação e na observação do mundo natural.

A metodologia de pesquisa buscou criar condições para avaliar se a sequência didática elaborada poderia ser considerada um material potencialmente significativo. Dessa forma, ela envolveu a elaboração de uma unidade didática para o tratamento de conceitos de Termodinâmica, a partir da história escrita por Verne, e a sua implementação pela professora pesquisadora junto a um grupo de 23 alunos de uma turma de segunda série do ensino médio de uma escola do interior do Rio Grande do Sul.

Na pesquisa realizada diretamente com os sujeitos investigados, a intenção consistiu em analisar os materiais produzidos, a fim de identificar respostas para a questão central do estudo. Dessa forma, por ter se voltado a observar a prática educacional, a investigação pode ser classificada como uma pesquisa qualitativa, que, de acordo com Triviños (2015), permite compreender a realidade e obter elementos para investigá-la.

Visando à produção de dados que permitissem obter elementos para discussão, os instrumentos de coleta selecionados para a pesquisa foram o diário de bordo elaborado pela professora pesquisadora e a entrevista semiestruturada aplicada junto ao grupo de participantes. A opção pelo diário de bordo levou em conta a importância de que o professor descreva sua prática (ZABALZA, 2004, p. 10), experiência proporcionada por esse instrumento. Conforme o autor, portanto, não é só a prática que constrói conhecimento. A boa prática permite avançar para novos estágios, ser reflexivo, voltar atrás, olhar o que se fez e analisar, avançar, reajustar. Tudo isso se faz necessário porque, sem observar a prática, é impossível seguir em frente.

Adotando a recomendação de Zabalza (2004), ao final de cada encontro, foram registradas no diário as reflexões sobre as atividades, abordando aspectos como a estrutura da aula e o envolvimento e a participação dos estudantes. Esses registros constituíram o material de pesquisa, que foi utilizado para compreender os apontamentos propostos durante a análise

dos dados. Além disso, com vistas a identificar a opinião dos estudantes frente às atividades, realizou-se uma entrevista semiestruturada, escolhida por ser um instrumento flexível e que possibilita uma grande interlocução do entrevistador com o entrevistado (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). As entrevistas foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas. Nos resultados apresentados na continuidade, todos os participantes serão mencionados no gênero masculino e nominados por A1, A2, A3, ... A23, a fim de evitar sua identificação.

Os dados foram analisados quanto aos seguintes aspectos, que constituem as categorias *a priori* do estudo: relação dos conteúdos estudados com os conhecimentos anteriores dos estudantes; diferenciação progressiva e reconciliação integradora; materiais utilizados; participação e comprometimento nas atividades propostas; e estrutura e metodologia empregadas nas aulas.

De acordo com a descrição acima, a pesquisa se desenvolveu por meio da implementação da sequência didática, proporcionando as interpretações e as conclusões registradas adiante.

3. Desenvolvimento da sequência didática

O desenvolvimento da sequência didática ocorreu em três etapas que envolveram dez encontros de 60 minutos cada. Todo material aplicado durante esse processo consta nos anexos da dissertação de mestrado intitulada **Aprendizagem significativa de Termodinâmica a partir da leitura da obra *A volta ao mundo em 80 dias* de Júlio Verne** (MAZARO, 2019), na qual também são expostos os procedimentos adotados para a utilização dos referidos materiais. Além disso, no produto educacional ***A volta ao mundo em 80 dias: uma aprendizagem significativa de Termodinâmica*** (MAZARO; DARROZ, 2019, disponível em <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/431761>), é possível encontrar a proposta de desenvolvimento da sequência que originou este relato e todos os materiais utilizados na sua realização.

A primeira etapa, que foi dividida em quatro encontros, teve como objetivo a compreensão da Primeira Lei da Termodinâmica. Para tal, iniciou-se identificando os conceitos subsunçores acerca dos assuntos relacionados a essa lei presentes na estrutura cognitiva dos estudantes através da elaboração, pelos participantes, de um texto que relacionasse tudo o que conheciam sobre o tema. Depois de identificados os conhecimentos que poderiam servir de âncora para os estudos pretendidos na etapa, utilizou-se como organizador prévio o *trailer* do filme que apresenta a história de Verne.

O processo de assimilação dos conceitos da etapa deu-se a partir da leitura do texto “Como seria dar a volta ao mundo nos dias atuais?”, escrito por Pimentel (2013) e que busca relacionar a história da obra aos equipamentos cotidianos, apresentando os conceitos de calor, energia interna e trabalho termodinâmico envolvidos numa transformação gasosa. Durante a leitura, os estudantes foram motivados a grifar os conceitos que julgavam mais importantes. No momento seguinte, resgatando algumas cenas do livro que apresentam esses conceitos, foi inserida a linguagem matemática referente ao tópico.

Na intenção de promover um espaço favorecedor da diferenciação progressiva desses conceitos, exibiu-se um breve trecho do filme **A volta ao mundo em 80 dias**. Com a diferenciação desses conceitos, definiu-se a Primeira Lei da Termodinâmica, retomando a Lei da Conservação de Energia. Nessa parte, o funcionamento do carro da cena do filme foi citado como forma de exemplificar os conceitos estudados. Ou seja, foi retomada a cena em que aparece o carro movido a vapor, que se desloca devido ao funcionamento da caldeira onde a água é aquecida e se transforma em vapor, o qual faz os pistões se moverem, realizando trabalho de modo a movimentar o carro.

Como última parte da etapa, para identificar indícios ou evidências de aprendizagem significativa, foi solicitado aos estudantes que construíssem um barco a vapor com materiais de baixo custo, conforme proposto por Mazaro e Darroz (2017). Durante o processo, os estudantes foram estimulados a formular hipóteses sobre quais os fatores que causam o movimento do barco a vapor. Com isso, tiveram a possibilidade de expor seus conhecimentos prévios e pensamentos, demonstrando a forma como articulam suas concepções acerca do assunto e como organizaram a atividade experimental.

Compreender os conceitos da Segunda Lei da Termodinâmica e prever a limitação da conversibilidade de calor em trabalho útil foram os objetivos da segunda etapa da sequência. Para identificar os conceitos subsunçores dos estudantes, que serviram de âncora para a etapa, foi proposto aos estudantes que, em pequenos grupos, construíssem um mapa conceitual sobre o que conheciam do assunto. A seguir, buscando estabelecer relação entre os conceitos subsunçores identificados no mapa conceitual e os conceitos relacionados à Segunda Lei da Termodinâmica, foi apresentada a imagem da capa da obra **A volta ao mundo em 80 dias** (Figura 1). Em seguida, os estudantes foram indagados sobre os conceitos que estavam subentendidos na ilustração.



Figura 1 – Capa da obra **A volta ao mundo em 80 dias** (L&PM, “Clássicos da Literatura em Quadrinhos”, 2016). (Fonte: <https://goo.gl/75ScCZ>)

Na sequência, os estudantes receberam um trecho da história **A volta ao mundo em 80 dias**, no qual estão presentes os conceitos que foram apresentados ao longo da etapa. Para

iniciar a diferenciação progressiva desses conceitos, promoveu-se um diálogo voltado a esclarecer aos estudantes o que são ciclos, transformações cíclicas e fenômenos reversíveis. Com o intuito de fortalecer a ligação entre esses conceitos e os subsunçores, na continuidade, discutiu-se o funcionamento do motor do carro, apresentando-o como uma máquina que opera em ciclo termodinâmico. A partir do exemplo, generalizou-se com os estudantes que não é possível um dispositivo térmico ter um rendimento de 100%.

No último encontro da etapa, solicitou-se aos participantes a resolução de algumas situações cotidianas que envolviam o tema em estudo. Para isso, trabalharam em duplas e, após a resolução, socializaram suas respostas com toda a turma. Essa atividade teve como objetivo transpor os conceitos presentes na estrutura cognitiva a novos contextos, demonstrando indícios de aprendizagem significativa.

A terceira etapa teve como objetivo relacionar a Segunda Lei da Termodinâmica com o funcionamento das máquinas a vapor e sua presença no mundo vivencial, estabelecer pontes cognitivas entre as etapas anteriores, bem como explorar o funcionamento do ciclo de Carnot e os motores à combustão interna. Para isso, o primeiro passo consistiu em identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os temas por meio de uma aula dialogada e reflexiva sobre máquinas térmicas.

No seguimento das atividades, foi apresentado como organizador prévio um vídeo (<https://goo.gl/ZU7iqd>) mostrando uma máquina locomotiva em funcionamento. Na continuidade, e com o intuito de promover a diferenciação progressiva, os grupos receberam o texto “Da criação à evolução da máquina térmica e sua contribuição para o desenvolvimento da humanidade”. Concluída a leitura, os estudantes foram convidados a destacar os conceitos termodinâmicos e sua ligação com a obra de Verne.

A partir dos destaques, ressaltou-se a importância da Revolução Industrial e do aperfeiçoamento das máquinas térmicas, observando, também, os conceitos referentes às máquinas térmicas, ao ciclo de Carnot, ao funcionamento de motores à combustão interna e à entropia, a fim de estabelecer relações entre os conceitos subsunçores e auxiliar no estabelecimento da reconciliação integradora dos tópicos estudados até o momento.

Prosseguindo, os estudantes assistiram ao vídeo “Princípio do motor a vapor” (<https://goo.gl/MdmXnQ>), que demonstra o princípio de funcionamento de um motor a vapor e o aperfeiçoamento das máquinas térmicas, e também a uma animação, que mostra o funcionamento de um motor de combustão interna de quatro tempos (<https://goo.gl/7NR3n3>). Para complementar a atividade, foi proposto que, em grupos, os estudantes formulassem questões sobre os vídeos e as repassassem para os demais grupos responderem.

Como forma de identificar indícios de aprendizagem significativa ao longo dessa etapa e das anteriores, individualmente, os estudantes elaboraram um texto contemplando e relacionando os conceitos termodinâmicos com a obra de Júlio Verne e os avanços tecnológicos dos meios de transporte e das máquinas térmicas ao longo do tempo e do desenvolvimento da sociedade contemporânea.

4. Resultados e discussão

Neste item, são apresentados e discutidos os resultados provenientes da aplicação da sequência didática. De acordo com Moreira e Masini (2001), Ausubel considera que um material é potencialmente significativo quando se mostra relacionável com os conhecimentos prévios dos estudantes e consegue estabelecer ligações entre eles. Dessa forma, para perceber se a sequência didática desenvolvida neste trabalho atinge as condições salientadas pelo teórico, passou-se a avaliar os dados a partir das categorias apresentadas na segunda seção.

Relação dos conteúdos estudados com os conhecimentos anteriores dos estudantes

Esta categoria busca analisar a relação entre os tópicos estudados e os conhecimentos anteriores dos estudantes, na perspectiva de perceber se a proposta didática possibilitou a vinculação dos conteúdos com os conhecimentos prévios por meio do material utilizado.

A primeira evidência de que o material utilizado no decorrer da sequência didática foi capaz de estabelecer essa ligação é verificada nos registros do diário de bordo da professora pesquisadora referentes ao segundo encontro. Tais registros foram marcados por algumas reflexões e discussões relativas a definições de conceitos, destacando a sua compreensão e interpretação, como se constata no trecho a seguir:

[...] percebi que essa abordagem torna os alunos mais responsáveis e comprometidos em realizar as atividades propostas, pois, a todo instante, na aula, retomo a história de Verne e a relação com o conteúdo de Termodinâmica, sendo um caminho facilitador para a aprendizagem. Uma estudante comentou que poderia relacionar o funcionamento do motor do carro, da roçadeira de cortar grama à gasolina e até do trator do pai com os conceitos que estamos estudando (Diário de bordo registrado no dia 23/08/2018).

Outras evidências nesse sentido são encontradas nas falas de A8, A10 e A17, as quais demonstram que os estudantes perceberam os conteúdos estudados em várias situações cotidianas, o que tornou mais fácil compreendê-los:

Eu comecei a entender o funcionamento da panela de pressão e estabelecer ligação quando a gente vê em casa. Quanto ao carro, eu fiquei pensando no que entendi na aula e fui ver as peças e o seu funcionamento. Daí, entender a matéria faz mais lógica (A8).

Eu relacionei os conteúdos estudados com o meu cotidiano, principalmente o funcionamento dos motores, e também consegui relacionar com o ar-condicionado, por exemplo, que usamos na sala de aula (A10).

Antes, a gente não sabia o que se passava, por exemplo, no funcionamento do ônibus que viemos para aula, e, depois, começamos a ver como funcionavam os motores. Isso ajudou a compreender melhor (A17).

O sétimo encontro também proporcionou situações em que os estudantes estabeleceram relações entre os conteúdos. Um dos aspectos que prevaleceram foi a conexão entre a atividade experimental, o conteúdo referente à Segunda Lei e a história de Verne, conforme o relato da professora pesquisadora, registrado no diário de bordo:

Alguns estabeleceram ligações com o barco construído por eles e discutiram se, se colocassem uma caldeira maior e uma vela maior, o barco andaria mais rápido. E assim fui mediando as discussões, perguntando-lhes se sabiam o que eram ciclos termodinâmicos ou transformações termodinâmicas, e, novamente, relacionaram com o experimento. Um estudante também identificou o funcionamento do motor do carro como sendo em ciclos e que isso permite o movimento das rodas (Diário de bordo registrado no dia 04/10/2018).

As falas de A8 e A12, transcritas na sequência, indicam que a atividade experimental serviu, igualmente, para o estabelecimento da interação entre o que estava sendo estudado e os conhecimentos prévios dos estudantes:

A construção do barquinho na atividade experimental ajudou muito. Consegui compreender o jeito que funcionam os ciclos termodinâmicos e relacionar com o funcionamento do motor do carro da minha família, pois o seu funcionamento é o mesmo do barco, que transforma energia térmica em mecânica (A8).

Com o experimento do barco eu tive mais noção de como funciona o motor da minha moto de trilha, por exemplo, que transforma energia em movimento, bem como os ciclos termodinâmicos e o movimento dos pistões (A12).

Para Ausubel (1980), no processo de assimilação, os conhecimentos se ampliam de forma organizada e diferenciada e o estudante assimila a relação entre os conceitos já conhecidos e os novos. Nesse sentido, outro registro da professora pesquisadora no diário de bordo reitera a relação estabelecida pelos estudantes com seus conhecimentos anteriores e, também, com a história escrita por Verne:

No dia 11 de outubro [...] Um estudante comentou que máquinas térmicas seriam aquelas que funcionavam com energia térmica e que ocorriam as transformações e os ciclos, e isso geraria trabalho mecânico. Outro citou serem os automóveis, motos, motosserra, o ônibus que nós viemos para a escola, pois eles transformam energia térmica em trabalho mecânico. Ainda, um aluno citou que no motor ocorrem os ciclos termodinâmicos para o seu funcionamento, como também observou, de forma simples, no funcionamento do barco feito em sala. Neste encontro, percebi que muitos estudantes relacionaram o conteúdo com o experimento e a história do livro de Verne, e isso acontece frequentemente nas aulas. (Diário de bordo registrado no dia 11/10/2018).

Por fim, observa-se, nas falas dos estudantes A14 e A16, que eles compreenderam e relacionaram o conceito de máquinas térmicas com conhecimentos prévios e conteúdos estudados anteriormente em sala de aula:

A gente percebeu e conseguiu relacionar e perceber bem como funcionam o motor, o ar-condicionado e outros equipamentos presentes em nosso dia a dia, como a máquina a vapor, por exemplo. A gente não sabia como funcionava e, assim, conseguimos perceber e ver a evolução das máquinas térmicas até os motores de hoje em dia; antes, eu não sabia que o carro era considerado uma máquina térmica (A14).

Eu compreendi bastante o funcionamento das máquinas térmicas, como as locomotivas, os navios a vapor, a geladeira. Eu não percebia que o motor do carro era um exemplo de

máquina térmica, funcionando em ciclos, e que precisava de todas aquelas peças para funcionar (A16).

Os resultados obtidos apontam que o material utilizado no desenvolvimento da sequência didática foi capaz de estabelecer a ligação entre os conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos estudantes e os assuntos trabalhados em sala de aula. Tal fato favorece o desenvolvimento de aprendizagens significativas, pois, de acordo com Ausubel (1980, p. 56),

No processo de aprendizagem significativa é essencial a interação entre ideias, que podem ser expressas simbolicamente, de modo não-arbitrário e substantivo, isto é, não-literais, com aspectos específicos já presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, o conhecimento que o aluno possui - conhecimentos prévios - é o fator isolado mais importante que influenciará na aprendizagem subsequente.

Assim, considerando que, conforme o teórico, os conhecimentos prévios são elementos centrais para estruturação e construção do conhecimento, com os quais a nova informação interage, entende-se que o material desenvolvido para a sequência didática se caracteriza como potencialmente significativo, na medida em que é relacionável aos conceitos já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

Diferenciação progressiva e reconciliação integradora

Para Ausubel (1980), no processo de ensino, os conceitos devem ser apresentados de forma ampla, mais geral, para que, após, seja possível abordar os conceitos específicos. Do mesmo modo, os conhecimentos expostos de maneira específica precisam estar interligados, destacando diferenças e semelhanças referentes ao tema em estudo (MOREIRA, 1999). Nessa perspectiva, agrupam-se, neste tópico, fragmentos do diário de bordo e das entrevistas voltados a demonstrar que o material possibilitou a diferenciação e integração dos conceitos estudados no desenvolvimento da sequência didática.

No que diz respeito à apresentação dos aspectos mais amplos do conhecimento para, posteriormente, desenvolver os específicos, destaca-se o seguinte registro feito no diário de bordo:

Na intenção de relacionar os conceitos estudados com os conceitos subsunçores dos estudantes de forma mais ampla, entreguei o texto “Como seria dar a volta ao mundo nos dias atuais?”. Após a leitura, pedi para que eles destacassem o que entendiam como conceitos termodinâmicos. A partir da leitura, os estudantes comentaram sobre as ideias gerais do tema, resultando numa discussão sobre os aspectos gerais do conteúdo. Com isso, foi possível perceber que os alunos estabeleceram ligações entre conceitos e o envolvimento, demonstrando interesse pelas atividades propostas. Então, comecei a trabalhar os conceitos específicos de Termodinâmica, como trabalho, volume, pressão, trabalho de uma transformação gasosa, energia interna de um sistema, calor (Diário de bordo registrado no dia 09/08/2018).

A apresentação dos conceitos de forma mais geral também foi evidenciada pelos estudantes. Para eles, essa abordagem auxiliou na compreensão dos conceitos fundamentais da Termodinâmica, como se observa na fala de A13:

Foi muito importante começar o conteúdo de forma mais abrangente. No texto “Como seria dar a volta ao mundo nos dias atuais?”, nós fomos destacando o que sabíamos sobre o tema. Já na história de Verne, percebi a evolução dos meios de transporte e a importância da Termodinâmica até os dias atuais. Depois a professora ia explicando os conceitos mais específicos e, assim, ficou mais fácil de compreender, pois nós víamos a aplicação dos conceitos na prática; estavam presentes no texto, na história e no nosso dia a dia, por exemplo, o transporte que viemos para a escola, o ar-condicionado da sala de aula (A13).

Além da apresentação geral, é fundamental para a promoção da aprendizagem significativa que os estudantes consigam estabelecer a diferença entre os conceitos estudados, isto é, que promovam a diferenciação progressiva dos conteúdos (MOREIRA, 2001). No trecho do diário de bordo transcrito na continuidade, nota-se que o material utilizado na sequência didática possibilitou essa diferenciação:

Uma estudante citou que o desodorante seria uma transformação adiabática. Comentei sobre a Primeira Lei da Termodinâmica, retomei novamente os conceitos de energia e a Lei da Conservação de Energia e frisei para que eles estabelecessem ligações entre os conceitos. Com isso, pude perceber que os estudantes estão promovendo diferenciação entre conceitos e ampliando seus conhecimentos sobre o tema (Diário de bordo registrado no dia 06/09/2018).

Na análise das entrevistas, identificou-se que os estudantes também perceberam a importância de diferenciar e atribuir novos significados aos subsunçores, dando novos sentidos a novos conhecimentos, com base em cada um dos tópicos abordados durante a implementação da sequência didática. As falas a seguir evidenciam os momentos em que eles foram capazes de conceituar os principais conteúdos de Termodinâmica:

Quando você começou a explicar o conteúdo, eu queria que você definisse o conceito de Termodinâmica, e você respondeu que, com o passar das aulas, nós iríamos entender e definir. E, realmente, quando escrevemos o texto final, eu consegui entender que se trata de troca de energia entre sistemas, e isso foi muito interessante; nunca tínhamos trabalhado assim (A2).

Na aula do dia 30/08/2018, eu compreendi que o calor é uma forma de energia que pode ser transferida entre sistemas (A17).

Eu compreendi que uma máquina térmica possui a fonte quente e a fonte fria, e a fonte fria seria o meio externo. Entendi que isso faz com que ela não tenha 100% de rendimento (A18).

Após a diferenciação progressiva, a sequência didática buscou promover situações de integração dos conceitos estudados. Sobre isso, A8 comenta:

Na locomotiva da história de Júlio Verne, tinha o calor fornecido pela fomalha, que aquecia a água da caldeira e a transformava em vapor, movimentando os pistões e se transformando em movimento. Ou seja, realizando trabalho. Tinha também uma energia que ficava armazenada e outra parte se perdia para o meio externo (A8).

Esses aspectos são igualmente verificados no relato de A4:

Sabendo que o barco que confeccionamos no experimento funciona com água, pude comparar com a locomotiva do livro de Verne, pois ambos são movidos pelo processo termodinâmico, em que o calor aumenta a energia interna de um sistema, conseqüentemente realizando trabalho, e que não é possível ter um rendimento máximo, pois parte dessa energia se perde (A 4).

No diário de bordo, são relatadas outras duas situações que indicam a promoção da diferenciação progressiva, quando os estudantes foram eliminando as compreensões que apresentavam diferenças aparentes, resolvendo inconsistências e integrando significados, de modo a estabelecerem a superordenação dos conceitos de Termodinâmica:

Os estudantes se envolviam nas atividades e, por isso, acredito terem conseguido integrar conceitos, uma vez que, na aula, um estudante disse: agora consigo entender os ciclos termodinâmicos, pois entendi como é dentro do motor do carro e o que é o sentido horário que você tinha falado (Diário de bordo registrado no dia 18/10/2018).

Quando expliquei sobre os processos irreversíveis e reversíveis, os alunos estabeleceram relações. Um estudante disse que reversível pode ser a água transformar-se em gelo; outro disse que irreversível seria a queima da vela no experimento, a lenha queimada na fornalha da locomotiva. Fui explicando sobre esses processos serem de forma espontânea ou não, e definindo a Segunda Lei. Um estudante disse que é importante compreender esse conteúdo para entender o funcionamento do carro, do ônibus que os traz para a escola, da máquina de cortar grama, do ar-condicionado, da geladeira (Diário de bordo registrado no dia 13/09/2018).

Os resultados apresentados corroboram que a sequência didática foi capaz de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora preconizadas por Ausubel referentes aos temas estudados, pois, de acordo com a análise dos materiais, possibilitou, inicialmente, a discussão dos conteúdos mais gerais e abrangentes para, posteriormente, diferenciá-los progressivamente e, na sequência, reconciliá-los interativamente.

Materiais utilizados

Para a promoção da aprendizagem significativa, o material instrucional precisa ser relacionável com a estrutura cognitiva do estudante. Com base nessa concepção preconizada por Ausubel, esta categoria busca analisar se os materiais utilizados durante a aplicação da sequência didática proporcionaram o estabelecimento da ligação do que estava sendo estudado com os conceitos subsunçores dos estudantes.

A apresentação de trechos do filme **A volta ao mundo em 80 dias** levou a que os estudantes se mantivessem atentos ao desenvolvimento dos assuntos propostos, como evidencia o seguinte fragmento do diário de bordo:

*No início da aula, foi passada uma parte do filme **A volta ao mundo em 80 dias** [...]. Nesse momento, pedi aos alunos que prestassem bastante atenção e estabelecessem relações com os conceitos estudados até o momento. Percebi que todos se mostravam envolvidos e interessados na aula. Eles buscavam compreender, de forma significativa, os conceitos, pois,*

após assistirem, debateram e discutiram os temas abordados (Diário de bordo registrado no dia 30/08/2018).

Além de focar sua atenção nos assuntos propostos, esse material permitiu aos estudantes estabelecer ligações entre os conteúdos e o contexto histórico e atual das máquinas térmicas, bem como aplicar os conceitos em situações vivenciais. Esses aspectos podem ser observados nas falas de A2, A13, A16 e A19, conforme segue:

Eu penso que me auxiliou, pois quanto mais coisas a gente vê, melhor compreende e adquire conhecimentos; sou uma pessoa muito visual (A2).

A história se passou no contexto histórico da Revolução Industrial, e isso fez com que a gente percebesse a evolução dos motores até os dias atuais. No filme, por exemplo, teve uma máquina a vapor diferente, um veículo que foram evoluindo até chegarem nas máquinas, equipamentos e carros modernos que temos hoje (A13).

As partes do filme ajudaram porque a gente compreende mais vendo como funciona na cena; é diferente do que a professora só falar (A16).

A gente via os exemplos na cena, seu funcionamento, e isso ajudou para que eu compreendesse melhor os conceitos (A19).

No decorrer da implementação da sequência didática, foram utilizados, também, animações e *gifs* que demonstravam o funcionamento de motores a vapor e motores de quatro tempos. De acordo com o diário de bordo, esses recursos auxiliaram no estabelecimento da ligação da teoria estudada com a prática e contribuíram, igualmente, para manter a atenção e o interesse dos estudantes no conteúdo desenvolvido:

Hoje foi apresentada aos estudantes uma animação sobre o funcionamento do motor de uma locomotiva a vapor. Pedi que eles ficassem atentos aos detalhes e às partes que compõem a locomotiva e que relatasse o funcionamento dessas máquinas. Eles se mantiveram muito atenciosos durante a animação e, depois de assistirem, apresentaram questionamentos sobre as máquinas a vapor. Eles lembraram de passagens da história do livro e conseguimos, assim, estabelecer um diálogo sobre a Primeira e a Segunda Lei da Termodinâmica. O melhor de tudo é que pude perceber que eles conseguiram fazer a ligação entre os conceitos que estávamos estudando e as situações apresentadas na animação (Diário de bordo registrado no dia 18/10/2018).

A utilização desses recursos visuais foi aprovada pelos estudantes, como se constata nas falas de A8 e A18:

Fica mais fácil de entender, por exemplo, a primeira máquina térmica que se tem registro. Se você só me falasse, eu não ia conseguir imaginar, e com os vídeos e gifs ficou mais fácil (A8).

Os vídeos me ajudaram a entender o processo de funcionamento de uma máquina térmica, como, por exemplo, o funcionamento do trem; o vapor que se expande e move os pistões, transformando calor em movimento. Tudo isso me ajudou a compreender melhor o que estudamos (A18).

Assim, percebe-se que a utilização das animações e dos *gifs* auxiliou no direcionamento da atenção dos estudantes para os conteúdos abordados, além de proporcionar situações para que assimilassem e compreendessem de forma mais clara e objetiva tais conceitos.

Para a sequência didática, foram elaborados textos que relacionam a história da obra **A volta ao mundo em 80 dias** com os conhecimentos termodinâmicos. A análise dos registros efetuados no diário de bordo aponta que esses textos contribuíram para o bom andamento dos encontros e para a compreensão dos conteúdos pelos estudantes. O registro transcrito na continuidade confirma essa constatação:

Organizei os alunos em grupos e entreguei o texto “Da criação à evolução da máquina térmica e sua contribuição para o desenvolvimento da humanidade”. Os estudantes leram e, durante a leitura, foram grifando as partes que julgavam mais importantes. Depois comentamos juntos. Muitas falas demonstravam que eles estavam relacionando os assuntos de Física – Termodinâmica – com os aspectos históricos sobre a Revolução Industrial e a evolução das máquinas térmicas. Os comentários demonstraram que muitos estavam curiosos sobre o rendimento das máquinas. Assim, comentei sobre o rendimento de uma máquina térmica, o porquê não é 100% eficiente, e pude perceber que eles compreenderam que isso é limitante devido às leis da natureza e que o rendimento de uma locomotiva é ainda menor (Diário registrado no dia 11/10/2018).

Embora reconheçam a utilidade dos textos para o registro dos conteúdos e, normalmente, realizem anotações no caderno, os estudantes ponderam que nem sempre esse recurso ajuda, pois, muitas vezes, os tópicos não só estão distantes do que vivem como contêm um grande número de equações. No caso desta pesquisa, em particular, os textos utilizados foram considerados importantes pelos participantes,

[...] porque não era o foco ficar anotando os conteúdos; os textos nos ajudavam a entendê-los e também serviam para termos os conteúdos. Eles tinham tudo o que estávamos estudando e apresentavam os conteúdos relacionados com a história do livro, nos fazendo entender perfeitamente os assuntos da parte teórica (A5).

Segundo A3, os textos serviram para lembrar os assuntos já conhecidos, ou seja, estabelecer a ligação entre os conceitos abordados na sequência didática e os subsunçores:

Lendo os textos que a professora distribuiu, isso me fez lembrar de algumas coisas que temos lá em casa, como, por exemplo, os motores. Com esses textos e com as explicações da professora, pude perceber que os assuntos de Termodinâmica estão muito presentes no nosso dia a dia (A3).

A análise dos registros do diário de bordo e das entrevistas semiestruturadas permite concluir que os trechos do filme, as animações, os *gifs* e os textos foram importantes para manter a motivação e o interesse dos estudantes no decorrer da implementação da proposta didática, bem como para estabelecer ligações entre os conhecimentos prévios e os novos conceitos. Assim, acredita-se que uma proposta didática diversificada, com vários materiais, conduz os estudantes a compreender e assimilar de forma significativa os conceitos referentes ao tema em estudo.

Participação e comprometimento dos estudantes nas atividades propostas

De acordo com Ausubel (1980), uma das condições necessárias para a ocorrência da aprendizagem é que o sujeito queira aprender, motivar-se, envolver-se, participar e comprometer-se em sala de aula, debatendo, refletindo, trocando ideias nos grupos para, mais tarde, conseguir estabelecer ligações entre conceitos dentro de novos contextos e individualmente. Nesse sentido, esta categoria apresenta a análise dos dados que demonstram a participação e o comprometimento dos estudantes durante a implementação da sequência didática.

O interesse e o comprometimento são evidenciados em diferentes registros do diário de bordo, a exemplo do que segue:

Neste dia, mais uma vez, percebi os estudantes envolvidos e interessados com as atividades em sala. Eles discutiram, questionaram, ficaram atentos às falas, aos debates e aos questionamentos. No momento da discussão sobre energia e os tipos de energia que conheciam, definiu-se, a partir das discussões, a energia interna de um sistema. Sobre esse aspecto, os alunos demonstraram entendimento do conteúdo, o que os motivou para a continuidade dos estudos (Diário de bordo registrado no dia 30/08/2018).

Outros registros demonstram que os estudantes se comprometeram incansavelmente na construção do barco a vapor e na execução da atividade experimental, como se verifica na continuidade:

Iniciei a atividade experimental dividindo a turma em pequenos grupos e distribuí os materiais para que iniciassem a construção do barco. Fui os orientando sobre a forma como fariam e percebi o envolvimento da turma na atividade. Os alunos foram participando e ajudando-se nos grupos. Levantamos hipóteses sobre o funcionamento do barco, pois alguns estudantes não acreditavam que ele iria andar e, sobre isso, questionavam qual seria o combustível que faria o barco andar.

Percebi que, com um experimento simples, podemos fazer com que os estudantes se envolvam nas atividades propostas e estabeleçam relações entre conceitos (Diário de bordo registrado no dia 06/10/2018).

Os estudantes se mostraram igualmente empenhados na resolução de questões que foram propostas com vistas a proporcionar a transposição de conceitos em diferentes contextos, conforme relatado no diário de bordo:

Hoje os estudantes, em duplas, resolveram questionamentos para encerrar a segunda etapa da sequência didática. Percebi eles envolvidos, debatendo, refletindo e respeitando a opinião do outro para, juntos, chegarem à resolução. As questões tinham que ser justificadas e, assim, ficava clara a relação de conceitos estabelecida por eles (Diário de bordo registrado no dia 04/10/2018).

O interesse e o envolvimento nas atividades propostas também foram percebidos pelos estudantes. As falas de A3, A4 e A18 salientam as seguintes percepções:

Eu me sentia bem realizando as atividades. Elas tinham relação com o meu dia a dia e isso me interessava a querer aprender mais (A3).

Quando a professora sugeriu para fazermos o barco, pensei: será que vai andar? Mas quando concluí, eu percebi que era um jeito bem interessante de aprendermos, pois dava para relacionar com o barco do livro do Júlio Verne e com os vídeos e textos (A4).

A forma como o conteúdo foi trabalhado ajudou a entender melhor, pois sempre tinha um desafio. Eu tinha dificuldade em realizar algumas atividades, mas como trabalhávamos em grupo, nós discutíamos e chegávamos às conclusões. Além disso, as aulas passavam muito rápido, pois sempre tínhamos coisas interessantes que faziam com que nem percebêssemos o tempo passar. Nós sempre fazíamos coisas diferentes (A18).

Contrapondo esses relatos, constatou-se pouca motivação por parte de alguns alunos para realizar as atividades propostas. Essa reação pode estar relacionada ao fato de terem experimentado metodologias voltadas à reprodução dos conteúdos apresentados pelo professor em avaliações, geralmente, contendo problemas quantitativos e situações distantes do contexto vivencial. Nesse sentido, A12 admite, em sua fala, que participar de atividades diferentes daquelas que, corriqueiramente, são solicitadas foi um grande desafio:

No início, achei bem desafiador elaborar questões para os colegas responderem nos grupos, pois eu também ia receber questões dos outros, mas, depois de ver que esta forma diferente também ajuda no nosso aprender, foi tranquilo de resolver e fazer os desenhos, os mapas conceituais e as questões sobre Termodinâmica, bem como as partes do motor, o funcionamento da locomotiva a vapor, o motor de carro (A12).

Na mesma direção, A1 comenta:

Eu estava acostumado a resolver questões depois que a professora dava o conteúdo. Quando percebi, nem sempre tinha problemas. Parecia que a gente não estava fazendo nada. Eu achava que ficar fazendo desenhos, mapas e outras coisas não ajudava em nada. Só que, com o passar das aulas, me interessei mais e vi que ir fazendo um desenho, por exemplo, faz com que a gente busque saber como que funciona aquilo para desenhar. Assim, conseguimos adquirir novos conhecimentos. Eu consegui resolver junto com o meu grupo, pois nós tínhamos aprendido na aula e relacionamos com outras atividades (A1).

A análise dos resultados demonstra que, apesar de algumas dificuldades, os estudantes se comprometeram e participaram das atividades propostas, o que pode ter favorecido a aprendizagem almejada na sequência didática.

Estrutura e metodologia empregadas nas aulas

Nesta categoria, busca-se avaliar a estrutura e a metodologia empregadas nas aulas no decorrer da implementação da sequência didática. De acordo com Moreira (1999), Ausubel salienta que o material instrucional precisa ter significado lógico para ser relacionado com os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Inicialmente, no que se refere à estrutura da sequência didática, percebeu-se que o número de encontros planejados para o desenvolvimento da proposta se mostrou suficiente.

Em alguns deles, porém, como os estudantes se envolveram nas atividades, expondo suas ideias e reflexões, não houve tempo hábil para desenvolver todas as atividades previstas. Já em outros, foi possível realizá-las em sua totalidade. Tal percepção é evidenciada nos registros do diário de bordo:

Hoje o tempo que programei para a atividade experimental não foi suficiente, pois os estudantes envolveram-se, levantando hipóteses e refletindo sobre os conceitos envolvidos. Queria observar o funcionamento dos barcos. Pude perceber a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos. Então, pedi que concluíssem o relatório da atividade na próxima aula (Diário de bordo registrado no dia 06/09/2018).

Nessa aula, os estudantes resolveram as questões referentes ao término da segunda etapa e pedi para que entregassem as questões. Como sobrou um tempo do período de aula, iniciei a terceira etapa, apresentando, no slide, as indagações que poderiam identificar os conceitos subsunçores já existentes em sua estrutura cognitiva, através de diálogo e reflexão com toda a turma. Pedi que registrassem para, mais tarde, estabelecer relações entre conceitos. Combinei que retomariamos no próximo encontro. Percebi que o número de encontros vai ser suficiente. Às vezes, têm aulas que rendem mais e outras menos, devido aos debates e reflexões (Diário de bordo registrado no dia 04/10/2018).

Da mesma forma, a duração dos encontros foi suficiente em alguns casos; em outros, no entanto, as atividades precisaram ser retomadas. Em vista disso, avaliou-se que seria necessário prever um tempo maior para as atividades práticas, ou para abordar temas que demandam maior aprofundamento, que envolvem reflexões e que estabelecem ligações entre conhecimentos. Os registros da professora pesquisadora em seu diário de bordo sintetizam essas impressões:

Deixei o quadro com as transformações gasosas para a próxima aula e pedi que lessem em casa para discutirmos no encontro seguinte e poder ganhar tempo (Diário de bordo registrado no dia 30/08/2018).

Hoje senti a necessidade de ter mais tempo para a palestra com o engenheiro Gabriel, pois os estudantes o questionavam conforme ia explicando e mostrando as principais peças do motor de quatro tempos. Mas, conforme o combinado, o tempo da palestra era de 50 minutos; assim, no tempo estimado, ele encerrou (Diário de bordo registrado no dia 25/10/2018).

No que se refere ao método utilizado, todos os encontros iniciaram com a identificação dos conceitos subsunçores dos estudantes em relação ao tema. A partir disso, os trabalhos em grupo foram priorizados. Acredita-se que essa forma de trabalhar auxilia no desenvolvimento da aprendizagem significativa, além de desafiar o professor na organização das aulas. Nessa direção, observou-se que alguns encontros foram marcados por questionamentos e reflexões dos estudantes quando organizados em grupos. Tal afirmação pode ser verificada no seguinte registro do diário de bordo:

Buscando estabelecer relações entre os conceitos subsunçores identificados nas indagações anteriores, passei um vídeo como organizador prévio que mostra o funcionamento de uma

locomotiva a vapor. A seguir, organizei os estudantes em grupos e entreguei uma folha impressa com questões para resolverem e organizarem suas ideias sobre o tema. Após, numa roda de conversa, todos os grupos apresentaram suas resoluções e conclusões a respeito do tema em estudo (Diário de bordo registrado no dia 27/09/2018).

Atividades experimentais promovem o processo de assimilação de conceitos e identificam indícios ou evidências de aprendizagem significativa (MAZARO; DARROZ, 2017). Assim, buscando facilitar o processo de assimilação almejado, organizou-se a atividade experimental, que, conforme registros efetuados no diário de bordo, possibilitou aos estudantes estabelecer hipóteses, testar, experimentar e observar na prática os conteúdos estudados:

Quanto ao envolvimento da turma com a atividade, pode-se dizer que foi muito bom, pois os alunos participaram, debateram e foram construindo, em cada grupo, o seu barco a vapor. Eles questionaram bastante durante a construção. Este encontro foi desenvolvido de forma agradável, tanto para mim quanto para eles. Quando o barco estava pronto e funcionando, eles observaram o seu funcionamento, e um estudante levantou mais uma hipótese: a água entra e sai pelos canudos? Uma estudante comentou que dava para ver as bolhas de ar saindo na água e o ar empurrando o barco para frente, fazendo barulho na latinha, e a água fervendo. (Diário de bordo registrado no dia 06/09/2018).

O material é potencialmente significativo se estiver relacionado com o contexto do aprendiz. Nesse sentido, a atividade prática desenvolvida possibilitou que os estudantes, com base na história escrita por Júlio Verne, estabelecessem relações entre os conceitos estudados e o cotidiano vivencial. O depoimento de A1 confirma essa percepção:

Foi bem interessante o experimento, pois foi a prova de que existe mesmo o processo da Termodinâmica. A gente fez o experimento e pôde perceber que o calor influencia no movimento do barco. Através disso, a gente consegue entender melhor o conteúdo e estabelecer ligações com a história do livro (A1).

A atividade experimental tem suma importância na construção do conhecimento em Ciências, pois estabelece ligações do conteúdo com algo prático, levando a que os estudantes levantem hipóteses e cheguem às conclusões. Nessa perspectiva, e avaliando os resultados obtidos no desenvolvimento da proposta, observou-se que a dinâmica utilizada na sequência foi capaz de motivar os estudantes e mantê-los atentos, conduzindo-os à aprendizagem almejada.

Por fim, verificou-se que os estudantes consideraram diferenciada a metodologia seguida na aplicação da sequência didática. Como já referido, a estrutura das aulas possibilitou que trabalhassem em grupos, fossem questionados e questionassem, elaborassem mapas conceituais, textos, desenhos, realizassem experimento, observassem animações, vídeos, gifs, oportunizando estabelecer conexões entre conceitos termodinâmicos e as situações vivenciadas no dia a dia. As falas de A1 e A8, transcritas a seguir, exemplificam a aprovação desse tipo de metodologia:

Eu percebi diferença na forma metodológica porque, agora, foi utilizado um jeito mais prático, com o experimento, gif, vídeos de como funciona de verdade um motor, por exemplo. Eu aprendi dessa forma, pois foi diferente das outras matérias (A1).

Normalmente a gente trabalha sozinho. Eu achei muito bom trabalhar em grupo; a gente se ajuda e discute, tendo mais opiniões. Nem todo mundo pensa igual; você percebe que não é só o seu pensamento que pode dar certo. Assim, dessa forma que você utilizou, com os vídeos e textos e, também, com a palestra, compreendi melhor, pois preciso ver as coisas para conseguir compreender; se for mais teoria, complica um pouco para mim. Bastante material para que eu possa ver e pegar, como o experimento, as peças do motor, isso ajuda muito (A8).

Com base nas entrevistas e nos registros efetuados no diário de bordo, observou-se que a estrutura e a metodologia aplicadas em sala de aula motivaram os estudantes a aprender, refletir e conhecer mais sobre o assunto abordado. Isso leva a concluir que o uso de estratégias criativas, com metodologias que os façam pensar, ponderar e expor seus conhecimentos prévios, é fundamental para que, a partir delas, o professor elabore um material que realmente tenha significado para o aprendiz.

5. Considerações finais

O estudo apresentado neste texto visou apresentar uma sequência didática que busca unir os conceitos de Termodinâmica e a Literatura, mais especificamente a obra de Júlio Verne, e identificar se tal sequência pode ser considerada um material potencialmente significativo para o ensino da área.

Ao elaborar a proposta didática, tomou-se o cuidado de estruturá-la a partir da história criada por Júlio Verne e em conformidade com a TAS. Portanto, os encontros foram organizados de maneira a aplicar instrumentos que identificassem os conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva dos estudantes. No decorrer da análise de tais instrumentos, foi identificado que os alunos traziam alguns conhecimentos de Termodinâmica, entretanto, a maior parte se apresentava incompleta ou errônea. Aqui, faz-se um aparte para alertar que, em situações como essa, o professor precisa ficar atento, a fim de evitar compreensões equivocadas, resultantes de aplicações fornecidas pelo senso comum. Prosseguindo com o relato, as atividades da proposta foram desenvolvidas a partir da identificação desses conhecimentos prévios.

No que concerne ao tema em estudo, acredita-se ser indispensável e necessário, pois utilizamos e percebemos o resultado desses processos no nosso dia a dia e, muitas vezes, não lhes damos tanta importância. No decorrer dos encontros, observaram-se o interesse e a motivação dos participantes acerca do que estava sendo trabalhado. Nas atividades referentes aos conceitos e à sua aplicação nas situações vivenciadas, os alunos percebiam a importância de compreender, de forma significativa, esse conteúdo, e, frequentemente, debatiam, indagavam, refletiam e relacionavam os seus conhecimentos prévios como os novos conteúdos, contribuindo para a modificação dos subsunçores, desencadeando o processo de assimilação sugerido por Ausubel.

A leitura da obra de Júlio Verne foi um elemento imprescindível para estabelecer os conceitos subsunçores na estrutura cognitiva do estudante. Mais especificamente, considera-se que a leitura prévia contribuiu muito para as atividades. Ainda, ao trabalhar com os materiais utilizados, tais como vídeos, *gifs*, questionários, textos e atividade experimental, os estudantes

relacionaram os conteúdos com partes da narrativa, o que facilitou a aprendizagem e ampliou o seu conhecimento.

Pelos resultados obtidos, acredita-se que a proposta desenvolvida alcançou os seus objetivos. Isto é, pelos dados extraídos do diário de bordo e das entrevistas semiestruturadas, percebeu-se que o material construído pode ser considerado potencialmente significativo, uma vez que demonstrou ser capaz de relacionar os conteúdos estudados com os conhecimentos anteriores dos estudantes, além de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, proporcionando outros contextos para aplicação dos conceitos abordados. Em síntese, identificou-se que a opção metodológica estimulou nos estudantes a vontade de aprender mais, sendo importante utilizar estratégias criativas. Com isso, a elaboração do material, partindo dos conhecimentos prévios, passa a ser mais significativa para o aprendiz.

Diante do exposto, conclui-se que o desenvolvimento da sequência didática permitiu confirmar que uma metodologia estruturada com base em um conteúdo significativo ao estudante é fundamental para despertar seu interesse e sua curiosidade pelos temas abordados em sala, proporcionando-lhe firmeza, segurança e mais conhecimento acerca dos conceitos.

6. Referências

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, J. **PSICOLOGIA EDUCACIONAL**. RIO DE JANEIRO: INTERAMERICANA, 1980.
- DE CARLI, E. **UTILIZANDO DEMONSTRAÇÕES EM VÍDEO PARA O ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA NO ENSINO**. 2014. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, PORTO ALEGRE, 2014.
- FACCIN, F. **IMPLEMENTAÇÃO DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS SOBRE FÍSICA TÉRMICA PARA ALUNOS DO 2º ANO DO ENSINO MÉDIO**. 2015. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, SANTA MARIA, 2015.
- FERREIRA, J. C. D. **APROXIMAÇÕES ENTRE A OBRA DE JÚLIO VERNE E O ENSINO DE FÍSICA**. 2011. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM EDUCAÇÃO) – FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, PRESIDENTE PRUDENTE, 2011.
- GREGIO, N. DE O. **TERMODINÂMICA, UM TUTORIAL PARA ENTENDIMENTO DO CONCEITO DE ENTROPIA**. 2016. DISSERTAÇÃO (MESTRADO PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, SÃO CARLOS, 2016.
- LÜDKE, MENGA; ANDRÉ, MARLI E. D. A. **PESQUISA EM EDUCAÇÃO: ABORDAGENS QUALITATIVAS**. SÃO PAULO: EPU, 1986.
- MAZARO, S. B. **Aprendizagem significativa de Termodinâmica a partir da leitura da obra *A volta ao mundo em 80 dias* de Júlio Verne**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.
- MAZARO, S. B.; DARROZ, L. M. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UM CAMINHO PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO. **CADERNO DE FÍSICA DA UEFS**, v. 15, n. 2, p. 2201.1-2201.11, 2017.

DISPONÍVEL EM: <[HTTP://DFIS.UEFS.BR/CADERNO/VOL15N2/S2ARTIGO01SIMONEDARROZ-ATIVIDADES-EXPERIMENTAIS.PDF](http://dfis.uefs.br/caderno/vol15n2/s2ARTIGO01SIMONEDARROZ-ATIVIDADES-EXPERIMENTAIS.PDF)>. ACESSO EM: 20 ABR. 2108.

MAZARO, S. B.; DARROZ, L. M. **A volta ao mundo em 80 dias**: uma aprendizagem significativa de Termodinâmica. Disponível em: <<https://www.upf.br/ppgecm/dissertacoes/produtos-educacionais>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

MICHELENA, B. J. **FÍSICA TÉRMICA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL**. 2008. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, PORTO ALEGRE, 2008.

MOREIRA, M. A. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. SÃO PAULO: E.P.U, 1999.

_____. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. 2. ED. SÃO PAULO: E.P.U, 2001.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: A TEORIA DE DAVID AUSUBEL**. 2. ED. SÃO PAULO: CENTAURO, 2001.

PIMENTEL, M. G. **O PROFESSOR EM CONSTRUÇÃO**. BRASÍLIA: ESTUDOS E DEBATES, 2013.

TRIVIÑOS, A. N. S. **INTRODUÇÃO À PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS: A PESQUISA QUALITATIVA EM EDUCAÇÃO**. 23. REIMP. SÃO PAULO: ATLAS, 2015.

ZABALZA, M. **DIÁRIOS DE AULA: UM INSTRUMENTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL**. PORTO ALEGRE: ARTMED, 2004.

ZANETIC, J. FÍSICA E ARTE: UMA PONTE ENTRE DUAS CULTURAS. **PRO-POSIÇÕES**, v. 17, n. 1, p. 39-57, 2006.