

Uma investigação sobre os efeitos de um Problema Gerador de Discussões com o tema Pressão na Formação Científica de Acadêmicos de Engenharia Química no ensino de Física

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho uma investigação dos efeitos sobre a formação científica de acadêmicos de um curso de Engenharia provocados pela aplicação da Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões. Propõe-se a aplicação do Problema Gerador de Discussões Pressão como resposta às solicitações das Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de Engenharia como forma de promover a realização de atividades de ensino que contribuam no processo de construção das competências desejadas ao perfil acadêmico. No referencial teórico, os autores apresentam, em síntese, a estrutura do PGD Pressão e sua forma de aplicação e estabelecem, por meio de um paralelo entre as DCN e a Teoria da Aprendizagem Significativa, parâmetros para análise dos efeitos. Entende-se que a aplicação do Problema Gerador de Discussões Pressão promoveu atividades de ensino levando os alunos a realizar: cálculos, análises, discussões, propor procedimentos práticos, etc., potencializando a formação das competências acadêmicas solicitadas pelas DCN de análise e compreensão de fenômenos físicos e a construção de novos conhecimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Problemas Geradores de Discussões; Ensino em Engenharia; Ensino de Física; Aprendizagem Significativa; DCN dos cursos de Engenharia.

Vinicius Machado
vinmac@utfpr.edu.br
<http://orcid.org/0000-0001-9460-8284>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Paraná, Brasil.

Marco Antonio Moreira
marco.moreira@ufrgs.br
<http://orcid.org/0000-0003-2989-619X>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Rio Grande do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

As Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia - DCN (BRASIL, 2002; 2019) solicitam aos docentes que atuam em cursos de Engenharia a construção de atividades de ensino e aprendizagem que contribuam para a formação do perfil de um egresso apto a pesquisar, formular, analisar e resolver problemas, capaz de analisar e compreender fenômenos físicos, conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento de fenômenos físicos, atuar de forma colaborativa, ser capaz de aprender a aprender, ter visão humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo, entre outros.

Dessa forma, em resposta às solicitações das DCN (BRASIL, 2002), Machado (2009) apresentou a proposta da Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões (PGD). Em sua proposta, a metodologia determina que um PGD deve ser elaborado pelo professor, que deve apresentar em sua estrutura três componentes: um problema principal ou problema gerador, as atividades ou questões/questionamentos que buscam promover a **formação científica / profissional** e os questionamentos que buscam promover a formação social/para a cidadania. A metodologia estabelece também que, em sua elaboração, um PGD deve propor questionamentos aos alunos em um conjunto de atividades de ensino, levando-os a resolver problemas em grupo, desenvolvendo ou propondo atividades experimentais, realizando pesquisas e discussões sobre conceitos, procedimentos, fenômenos físicos, entre outros, na busca da solução do problema.

Contexto estabelecido, tem-se por objetivo, neste trabalho, apresentar relatos da investigação realizada sobre a aplicação de um PGD elaborado com o tema pressão, aplicado no ensino de Física em uma turma de acadêmicos de um curso de Engenharia, com enfoque nos efeitos da aplicação das questões voltada para a formação científica do aluno.

COMPETÊNCIAS CIENTÍFICAS E AS SOLICITAÇÕES DAS DCN

As atuais DCN (BRASIL, 2019) dos cursos de Engenharia indicam, basicamente, as mesmas linhas e orientações das DCN publicadas em 2002 (BRASIL, 2002), propondo, junto aos docentes, parâmetros para a formação do futuro engenheiro tanto em termos gerais, no que se refere a competências a serem construídas, quanto em termos mais específicos, indicando ações a serem desenvolvidas. A formação acadêmica do aluno de engenharia, segundo as DCN, deve ter por objetivo, no âmbito profissional, formar acadêmicos com competência para analisar e compreender fenômenos físicos e ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos (BRASIL, 2019). Para tanto, as DCN estabelecem, no que se refere às atividades de ensino a serem desenvolvidas nos cursos de engenharia, as seguintes orientações:

Devem ser previstas as atividades práticas e de laboratório, tanto para os conteúdos básicos como para os específicos e profissionais, com enfoque e intensidade compatíveis com a habilitação da engenharia, sendo indispensáveis essas atividades nos casos de Física, Química e Informática[...]. Deve-se estimular as atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação [...].

Devem ser incentivados os trabalhos dos discentes, tanto individuais quanto em grupo, sob a efetiva orientação docente (BRASIL, 2019, p. 1-2).

A formação acadêmica do aluno de Engenharia, segundo as DCN deve ter por objetivo, no âmbito humanístico, contribuir para a construção de competências que levem o futuro egresso a:

[...] ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica; [...] estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora; [...] ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, [...] considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho [...] atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável, [...] realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental (BRASIL, 2019, p. 1-2).

Dessa forma, entende-se que as DCN direcionam os docentes nos cursos de Engenharia à construção de práticas capazes de levar o ensino de suas disciplinas a dar uma maior parcela de contribuição junto ao processo de formação acadêmica, tanto no âmbito profissional (formação científica e tecnológica) quanto humanístico (formação para a cidadania).

ALINHAMENTO ENTRE A TAS E AS COMPETÊNCIAS SOLICITADAS PELAS DCN

Especificamente no que se refere à formação científica, entende-se que seja, no processo de ensino e aprendizagem, importante observar as orientações da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Por quê? Por que se considera que há um alinhamento significativo entre os pressupostos da TAS e as solicitações das DCN. As DCN sugerem a realização de atividades de ensino que contribuam na formação de acadêmicos com competência para “[...] analisar e compreender fenômenos físicos e ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos” (BRASIL, 2019, p.1). Para a compreensão desse alinhamento entre TAS e DCN observa-se, de antemão, necessário lembrar o conceito de Aprendizagem Significativa.

Assim, em consonância com autores como Ausubel, Novak e Hanesian (1980), Ausubel (2003), Moreira (2000; 2006), Buchweitz (2001), Da Costa e Moreira (2000), Guruceaga e González Garcia (2004), Tavares (2008), Machado e Pinheiro (2010 e 2020), Machado, Enrique e Machado (2016), compreende-se a aprendizagem como um processo interno em que o indivíduo reorganiza suas informações e/ou conhecimentos pré-existentes (chamados, de acordo com a TAS, de conhecimentos subsunçores), na busca de um novo conhecimento. O indivíduo desenvolve, nesse processo, atividades mentais que operam por meio de símbolos ou representações da realidade e envolvem elementos cognitivos como percepção, atenção, memória, associação, raciocínio, tomada de decisões e criatividade, entre outros. Assim, a aprendizagem se dá com a participação de uma pessoa em um processo de observação, experimentação e/ou estudo sobre um conhecimento ainda não apropriado. Ocorrendo a aprendizagem, esse novo

conhecimento fica retido na sua memória de forma a possibilitar que essa pessoa possa utilizá-lo para a aquisição de novos conhecimentos. Esse tipo de aprendizagem, de acordo com a TAS de Ausubel (2003) é chamada de significativa. Todavia, quando os conhecimentos retidos não contribuem para a aquisição de novos conhecimentos, considera-se que estes resultaram de um processo de simples memorização e, nesse caso, o aluno tem esse conhecimento, muitas vezes momentaneamente, mas **não compreende, não entende o seu significado** e, por isso, **apresenta dificuldades em utilizá-lo para a construção de um novo conhecimento**. Na TAS, Ausubel (2003) chamou a esse tipo de aprendizagem como **mecânica**.

Nesse contexto, retornando às orientações das DCN, observa-se a necessidade de que se forme um aluno com competência para “[...] analisar e compreender fenômenos físicos e ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos” (BRASIL, 2019). Contudo, as competências para analisar e/ou compreender fenômenos e o ato de conhecer são bastante distintos, pois requerem diferentes processos. Para ser capaz de analisar e/ou compreender algo, entende-se que é preciso partir de algum conhecimento sobre o objeto em estudo. Se não há, faz-se necessário que se busque e, partindo desses conhecimentos, é que, no processo, se levantam dúvidas para que se possa pesquisar, investigar e estudar de forma mais profunda esse objeto. Assim, em uma analogia à TAS, associa-se a competência de conhecer algo ao simples processo de memorização, o que resultaria basicamente, de acordo com a TAS, em uma aprendizagem mecânica. Associa-se a competência de analisar e/ou compreender a um processo mais complexo, de reorganização dos conhecimentos pré-existentes, necessitando uma atitude investigativa e autônoma, destacadas pelas próprias DCN, resultando potencialmente, nesse caso, de acordo com a TAS, em uma aprendizagem significativa.

Ainda nessa questão do alinhamento entre TAS e DCN, observa-se que as diretrizes indicam a necessidade de que o indivíduo seja capaz de desenvolver um processo de aprendizagem contínua e de produção de novos conhecimentos. Questiona-se, então, se o que se quer é uma aprendizagem contínua, qual aprendizagem seria a ideal? Certamente a significativa, fruto de processos internos, mais elaborada, resultante de questionamentos que geram investigações, estudos e pesquisas, mas, não a mecânica, advinda de um conhecimento aleatório, ocasional e pouco significativa (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980).

Ausubel (2003) condiciona a aprendizagem significativa à associação entre três ocorrências: a existência e a utilização dos conhecimentos prévios, o uso de materiais e mecanismos de ensino potenciais de aprendizagem significativa e a promoção do envolvimento do aluno no processo de aprendizagem.

Como proposta de material de ensino capaz de atuar como potencial de aprendizagem significativa, autores como Lucero *et al.* (2006), Costa e Moreira (2002), Fávero e Sousa (2001), entre outros, sugerem a utilização de problemas. Nesse sentido, Lucero, Concari e Pozzo. (2006, p. 87), por exemplo, afirmam que:

[...] la resolución de problemas es una actividad de innegable importancia para producir aprendizajes significativos, dado que ayuda a los estudiantes a reforzar y clarificar los principios que se enseñan,

obligándolos a poner constantemente sus conocimientos a prueba y en práctica.

Na mesma linha de raciocínio, Da Costa e Moreira (2000), Fávero e Sousa (2001), entendem que desenvolver atividades de ensino por meio de problemas pode ser essencial ao processo de ensino e aprendizagem à medida que os alunos precisem refletir e raciocinar na busca do melhor caminho para a sua solução. Nesse sentido, o ensino por meio de problemas apresenta-se como uma ferramenta de ensino potencial de aprendizagem, pois, conforme relatam Fávero e Sousa (2001, p.145): “[...] o progresso na compreensão da resolução de problema está vinculado ao progresso na compreensão da aprendizagem das tarefas envolvidas na resolução de problemas”.

Sobre a compreensão do enunciado do problema por parte do indivíduo, Da Costa e Moreira (2002) afirmam que depende das representações externas expostas pelo texto e dos significados que essas representações têm internamente para ele. “[...] representações mentais, são maneiras de “re-presentar” internamente o mundo externo. As pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações mentais (quer dizer, internas) dele (MOREIRA, 1996, p. 194) ”.

Em função do exposto, entende-se que os problemas atuam como material potencializador de aprendizagem significativa. Para tanto, a fim de que os problemas cumpram com esse papel, seus enunciados precisam ser elaborados exigindo muito mais dos alunos do que uma resolução mecânica, com aplicações diretas de fórmulas e conceitos estanques. Todavia, vale recordar que Ausubel condiciona a ocorrência de uma aprendizagem significativa à potencialidade dada não somente pelo uso de material de ensino significativo, mas, também, pela potencialidade dos processos ou mecanismos por meio dos quais o material é ensinado.

A aprendizagem significativa não é sinónimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem apenas é *potencialmente* significativo. Em segundo, deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003, p.01). Como mecanismos de ensino Moreira (2000, p.47) propõe:

O uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica. Não é preciso buscar estratégias sofisticadas. A não utilização do quadro-de-giz leva naturalmente ao uso de atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, [...].

No mesmo sentido, Ausubel (2003) afirma que as estratégias de ensino, para potencializar a aprendizagem significativa, devem ser elaboradas de forma a trazer questionamentos aos alunos: Como fazer isso? Para que fazer isso? Por que fazer dessa forma e não daquela outra?

Percebe-se nessa proposta o intuito de transferir ao aluno parte da responsabilidade no processo de ensino e aprendizagem promovendo, dessa forma, uma maior participação/envolvimento no processo. Afinal, como Ausubel (2003) comenta, de nada adianta potencializar a aprendizagem significativa das

mais diferentes formas se o aluno não tiver interesse em aprender. Por isso Moreira (2000, p.38) observa a importância de promover a participação do aluno por meio de interações:

Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. Ao contrário, um ensino centrado na interação entre professor e aluno enfatizando o intercâmbio de perguntas tende a ser crítico e suscitar a aprendizagem significativa crítica.

Aplicada à resolução de problemas, como ocorreria essa interação? Entende-se que um problema, quando resolvido ou analisado de forma dialogada, permite ao aluno exteriorizar sua forma de pensar, interpretar e raciocinar determinado fenômeno ou questionamento e pode ser utilizado como importante fonte de motivação ao aluno na busca de novos conhecimentos, pois: “[...] permite o surgimento das idéias dos alunos, explicitando suas formas de pensar e a necessidade de adquirir conhecimentos que ainda não possuem” (SOUZA e BASTOS, 2006, p.317). E essa interação deverá, conforme mostra a proposta Metodologia PGD que será apresentada na sequência, ser estimulada tanto entre docente e alunos quanto entre os próprios alunos, inicialmente separados em seus grupos, e posteriormente entre todos os alunos e professor, nas discussões no grande grupo.

Em resumo, entende-se que aprendizagem que se deseja ao aluno de Engenharia é a que dê sua parcela de contribuição às solicitações das DCN, que possibilite potencializar no (s) aluno (s) suas competências de analisar, compreender, investigar, aprender continuamente e produzir conhecimentos. Ou seja, uma aprendizagem resultante de processos mentais decorrentes da modificação, relacionamento e complementação de conhecimentos pré-existentes, com a utilização de materiais e mecanismos de ensino potencializadores de aprendizagem significativa e que promovam a participação ativa do aluno no processo de sua própria aprendizagem.

O PGD PRESSÃO E A METODOLOGIA DA PESQUISA

A fim de gerar atividades de ensino com objetivo de dar a sua parcela de contribuição à formação acadêmica do aluno de Engenharia solicitada pelas DCN, os autores desta pesquisa propõem o PGD Pressão. O que se observa no PGD Pressão, **QUADRO 1**, são três atividades distintas, porém, correlacionadas por meio do tema Pressão, propostas pelo professor aos alunos.

O problema gerador, objeto de estudo em Machado *et al.* (2020), é que traz à tona o tema em torno do qual será realizada toda a atividade e que apresenta em seu enunciado uma proposta de busca de conhecimentos a partir de uma atividade experimental.

A segunda atividade, objeto de estudo deste trabalho, propõe questionamentos voltados para a formação científica dos alunos e a terceira atividade que propõe questionamentos voltados para a formação humanística. Entende-se importante recordar que ações voltadas para as formações científica/profissional e humanística/social são solicitadas pelas DCN.

Quadro 1 - PGD Pressão

<p>PGD PRESSÃO (Problema gerador)</p>	<p>A pressão (p) é uma grandeza física que indica a razão entre uma força aplicada e a área sobre a qual essa força é distribuída, podendo ser calculada por distintas equações, uma determinada por estudos realizados por Blaise Pascal (França, 1623-1662) ou por outra determinada por estudos realizados por Simon Stevin (Bélgica, 1548-1620).</p> <p>Determine experimentalmente a pressão exercida por um sólido cilíndrico regular sobre a sua base de apoio e a pressão exercida por uma coluna cilíndrica de líquido em um determinado ponto. Obtenha as pressões nos dois casos com as equações indicadas por Pascal e por Stevin e calcule o percentual de erro comparativo entre os valores encontrados para cada material. A partir dos resultados encontrados nessa atividade pode-se dizer que a pressão em sólidos e em líquidos podem ser determinadas por qualquer uma das duas equações? Justifique.</p>
<p>PGD PRESSÃO (Questões científicas)</p>	<p>1-Baseado nos estudos já realizados sobre energia e movimentos oscilatórios, explique, comparando o efeito trabalho (positivo ou negativo) sobre a energia interna (armazenada) de uma mola, explique os efeitos da variação de pressão (positiva e negativa) sobre a energia interna (temperatura) de um gás;</p> <p>2-Baseado na resposta anterior, explique o princípio de funcionamento básico de um refrigerador levando em consideração seus dois itens principais: compressor e válvula de expansão;</p> <p>3- Explique o princípio físico do funcionamento da panela de pressão.</p> <p>4-Proponha procedimentos experimentais para se determinar a diferença do custo do cozimento de um mesmo alimento com uma panela de pressão e uma panela comum.</p>
<p>PGD PRESSÃO (Questões sociais)</p>	<p>1-A refrigeração é um importante processo utilizado para a conservação de alimentos, mas, há outros processos que também podem ser utilizados. Cite e explique dois métodos “alternativos” ao método da variação de temperatura, utilizados para a conservação de alimentos, e indique, comparando-os, entre eles vantagens e desvantagens sob os seguintes aspectos (acessibilidade, custo/economia, qualidade, questões ambientais, saúde, entre outros).</p> <p>2- Indique vantagens e desvantagens, sob diversos aspectos, de se usar a panela de pressão, comparando-a com uma panela comum.</p>

Fonte: Machado (2020).

O PGD Pressão foi aplicado na disciplina de Física 2, parte experimental, envolvendo 22 alunos de um curso de Engenharia de Química no primeiro semestre do ano letivo de 2019. Os alunos participantes foram divididos em grupos contendo no máximo cinco alunos. Por tratar-se a Metodologia PGD de uma proposta de ensino em Engenharia em que os fenômenos são investigados no seu ambiente de ocorrência, entende-se, a partir das orientações de Lakatos e Marconi (2001), que o estudo realizado se desenvolveu por meio de uma pesquisa classificada como exploratória e, de acordo com Cervo e Bervian (1983), Silva e Meneses (2001), é aplicada.

As atividades da pesquisa deram-se por meio da aplicação de atividades de ensino elaboradas de acordo com a Metodologia PGD (MACHADO, 2009; MACHADO, PINHEIRO 2014), ocorrendo a coleta de dados com o recebimento de

pré-relatórios e relatórios entregues pelos alunos. A aplicação do PGD deu-se de acordo com o método grupo focal ou grupo de discussões (CASTRO, 2006; CRUZ NETO; MOREIRA; SUCENA, 2002). Quanto à abordagem do problema, ou seja, quanto à forma pela qual foram analisados os dados coletados, ocorreu uma abordagem qualitativa e os dados foram analisados seguindo orientações do método Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977) especificamente nos processos de exploração do material, tratamento dos dados e interpretação desses dados.

Para a aplicação do PGD Pressão foram utilizadas quatro aulas sendo duas aulas por semana em duas semanas seguidas. Nas duas primeiras aulas realizaram-se as discussões e resoluções internas nos grupos. Nas duas últimas aulas realizaram-se as discussões no grande grupo. A produção e envio dos relatórios pelos alunos, por grupos, ocorreram em atividades extra sala, via correio eletrônico. Durante todo o processo foi permitida aos alunos a consulta a fontes físicas e/ou virtuais para buscar informações/conhecimentos que lhes ajudassem a resolver os problemas propostos.

Na sequência ocorrerá a apresentação e a análise dos dados coletados a partir dos pré-relatórios e relatórios finais, gerados e enviados pelos alunos referentes aos questionamentos científicos do PGD Pressão (espaço 2 do Quadro 1). **Entende-se importante informar aos leitores que, para manter a fidedignidade dos dados coletados, não ocorreram correções nos textos enviados pelos alunos.**

ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NOS RELATÓRIOS

QUESTIONAMENTO 1

As considerações iniciais, decorrentes das discussões internas nos grupos, sobre o questionamento 1, foram acondicionadas no **QUADRO 2**. Analisando-se os relatórios, observa-se que, por parte dos alunos do Grupo A (espaço 1), não houve inicialmente uma resposta condizente com o que indicava o questionamento, ou seja, não ocorreu a associação que permitisse ao conhecimento prévio do sistema massa-mola gerar um novo conhecimento para o sistema gás-êmbolo. Houve, contudo, a recordação por parte dos alunos desse grupo de outro conhecimento, da Teoria Geral dos Gases, que lhes permitiu, ainda que respondendo parcialmente ao questionamento, observar a proporcionalidade entre a pressão e a temperatura em um gás. Mas, não houve um esclarecimento sobre a relação trabalho e energia interna.

Quadro 2- Pré-relatório, questionamento 1

Aumento de temperatura resulta num aumento de pressão; através da equação dos gases ideais $PV=nRT$ comprova-se que a pressão é diretamente proporcional à temperatura. Sendo assim, quando a pressão aumenta, a temperatura também aumenta (Grupo A).
Todo o trabalho associado a um gás é transformado em energia interna. Se o gás é comprimido, o trabalho é negativo, logo, a variação de energia interna é positiva e o gás sofre aquecimento. Entretanto, se o gás é expandido, o trabalho é positivo, logo, a variação de energia interna é negativa e o gás esfria. Tendo como um exemplo o desodorante aerossol, que ao entrar em contato com a pele dá uma sensação de gelado (Grupo B).
Conforme aumenta energia potencial, maior o trabalho porque com maior energia potencial o deslocamento do movimento é máximo, logo o trabalho também é maior pois ele é diretamente proporcional ao deslocamento. A variação de pressão em um gás

é proporcional a variação de temperatura, conforme aumenta a pressão, aumenta a temperatura e vice versa, o que pode ser visto pela equação para um gás ideal $PV=nRT$, sendo isovolumétrico, a Temperatura e a Pressão são diretamente proporcionais (Grupo C).

O movimento oscilatório de um sistema perfeito massa mola pode ser dividido em três etapas. A primeira, o peso está comprimindo a mola para esquerda em direção a sua origem, prestes a iniciar o movimento e converter a energia potencial elásticas da mola em energia cinética pelo movimento do corpo para direita. O trabalho realizado pela mola nessa etapa é positivo [...]. A segunda etapa é observar o corpo na posição que ele atinge velocidade máxima, o ponto de equilíbrio da mola, toda a energia da mola é convertida em cinética nessa parte do sistema. O trabalho realizado pela mola nessa etapa é nulo. Na máxima amplitude do movimento oscilatório em questão a velocidade por um instante é nula e o trabalho realizado pela mola é negativo, pois a força restaurado-ra da mola atua em direção ao ponto de equilíbrio. Dessa maneira, toda a energia cinética é convertida em potencial elástica. Em referência as leis dos gases de Clapeyron $pV=nrt$, a pressão é diretamente proporcional a variação da temperatura desse. Isso ocorre, pois quando temos aumento da pressão (positiva) as moléculas do gás ficam mais próximas e energia cinética delas no sistema aumenta consequentemente sua temperatura também. Já com a diminuição da pressão ou aumento do volume as moléculas ficam mais dis-persas e a energia cinética do sistema é menor, assim como sua temperatura (Grupo D).

O trabalho pode ser definido como variação da energia cinética, a energia cinética na mola varia de acordo com a posição, quando a mola está totalmente comprimida ou esticada a energia cinética é mínima, pois a velocidade nesses instantes é nula, em compensação a energia potencial elástica é máxima, portanto a energia mecânica do sistema é constante, já o trabalho é positivo quando a força atuante esta no sentido do deslocamento e negativo quando está no sentido contrário. Quanto menor a pressão, maior é o espaçamento entre as moléculas ocasionando um maior volume, já com o aumento da pressão o número de colisões das moléculas aumenta, aumentando também a temperatura do gás (Grupo E).

Fonte: relatórios enviados pelos grupos.

Quanto aos alunos do Grupo B (espaço 2), houve por parte desse grupo, mesmo antes das discussões no grande grupo, uma construção de conhecimentos na associação sistema massa-mola para o sistema gás-êmbolo bastante satisfatório, pois as relações de variação de trabalho (pressão) convertidos em variação de energia interna (temperatura) e vice-versa foram relatadas de forma coerente.

Os alunos do Grupo C (espaço 3), por sua vez, apresentam inicialmente um raciocínio não muito claro, mas, válido sobre o sistema massa-mola, explicando a relação energia-trabalho, ainda que apenas em um sentido, do trabalho de compressão e consequente armazenamento de energia potencial na mola. Contudo, assim como os alunos do Grupo A, não conseguiram associar o funcionamento do sistema massa-mola para justificar o funcionamento do sistema gás-pêndulo. E também trouxeram, como tentativa de justificar o sistema gás-êmbolo, conhecimentos sobre a Teoria Geral dos Gases.

Os alunos do Grupo D (espaço 4) apresentaram, inicialmente, um raciocínio correto e bem descrito sobre o sistema massa-mola, explicando a relação energia-trabalho em ambos os sentidos, mas, quanto à associação ao sistema gás-êmbolo, repetem os mesmos equívocos, já relatados, dos alunos dos Grupos A e C.

E os alunos do Grupo E (espaço 5) apresentaram inicialmente uma associação entre trabalho e energia cinética que se entende não ser aplicável ao caso, apenas

conjecturando, possivelmente, nesse caso, tenham buscado outro conhecimento prévio, no caso, estudos sobre movimento oscilatório. Contudo, paralelamente a essa análise, apresentam uma análise satisfatória sobre o sistema massa-mola, explicando a relação energia-trabalho em ambos os sentidos. Quanto à associação ao sistema gás-êmbolo, apresentam um relato bastante sucinto, comentando apenas sobre o aumento da pressão e o correspondente aumento de energia interna no sistema, mas sem fazer as relações quanto ao sentido do trabalho/pressão realizado no ou sobre o sistema.

As considerações finais sobre o questionamento 1, foram acondicionadas no **Quadro 3**. O que se percebe nesses relatórios, enviados pelos alunos após as discussões no grande grupo (alunos e professor), é que todos os grupos que de alguma forma mostraram equívocos (Grupos A, C, D e E) nas respostas dadas ao questionamento 1, fizeram correções. Assim, nesse relatório final, observa-se que as relações entre a variação de trabalho (pressão) convertidos em variação de energia interna (temperatura) e vice-versa foram relatadas de forma coerente. Quanto aos alunos do Grupo B, que já haviam apresentado uma resposta considerada satisfatória, apenas tecem um breve comentário sobre a similaridade no funcionamento dos dois sistemas.

Quadro 3 – Relatório final, questionamento 1

<p>Todo trabalho exercido em um gás é convertido em energia interna. Tanto o gás quanto a mola ao serem comprimidos, aumentam a energia interna resultando num aumento de temperatura e ocasionando um trabalho negativo. Ao ser expandido ocorre o inverso. Compressão de um gás: colisão das moléculas causando um aumento da temperatura (Grupo A).</p>
<p>Como o gás e a mola comprimem e expandem, o processo descrito acima é igual para os dois (Grupo B).</p>
<p>Quando a mola é comprimida o trabalho sobre ela é negativo e a energia interna da mola aumenta, o mesmo ocorre quando um gás é comprimido, a sua energia interna aumenta, ou seja, sua Temperatura aumenta. Quando o trabalho sobre a mola é positivo a mola se expande e sua energia interna armazenada é liberada, igualmente ocorre para expansão de um gás, sua energia interna diminui portanto a temperatura do gás é menor (Grupo C).</p>
<p>Comparando a energia de um sistema massa-mola com a energia interna de um gás: quando comprimimos a mola, o trabalho realizado por ela é positivo, acumulando energia potencial elástica. Por outro lado, quando o gás é comprimido, o trabalho realizado por ele é negativo, aumentando a pressão e, conseqüentemente, a energia interna. Quando a mola se expande além do seu ponto de equilíbrio, a energia potencial elástica é convertida em energia cinética e, posteriormente, em elástica. Nessa etapa, o trabalho é negativo. Já quando expandimos um gás, o trabalho realizado por ele é positivo, gastando a sua energia interna e diminuindo a pressão (Grupo D).</p>
<p>Podemos acrescentar após os comentários em sala que quando um gás comprime o trabalho é negativo e sua energia interna é positiva, assim o gás aquece. Já quando o gás expande o trabalho é positivo e sua energia interna é negativa assim o gás sofre um resfriamento. Associando isso a uma mola, quando a mola é comprimida ela tem uma energia interna, assim que ela é solta, ela expande e sua energia é liberada, seu trabalho é negativo quando ela é comprimida e seu trabalho é positivo quando ela é solta. Logo, relaciona a energia da mola com a energia interna de um gás (Grupo E).</p>

Fonte: relatórios enviados pelos grupos.

Ao finalizar a análise das atividades desenvolvidas pelos alunos em resposta ao primeiro questionamento, entende-se que inicialmente os alunos separados em

seus grupos, de uma forma geral, apresentaram dificuldades na interpretação das representações externas, ou seja, na interpretação do enunciado do problema. Contudo, em um processo em que se busca a aprendizagem significativa, compreende-se a ocorrência de dificuldades para se interpretar e responder a questionamentos mais complexos que, para a sua resolução necessitam mais do que cálculos diretos em uma equação e/ou conceitos prontos. Há que se observar, nas participações dos alunos nas respostas aos próximos questionamentos se a dificuldade se encontra efetivamente na interpretação e entendimento do questionamento ou se há dificuldade de fato em produzir sua resposta.

À despeito das dificuldades apresentadas, evidencia-se como ponto positivo, nesse caso, o funcionamento da Metodologia PGD a partir dos passos por ela determinados, pois, verificando eventuais dificuldades dos alunos, o professor pode intervir nas discussões realizadas no grande grupo, segundo passo proposto, para, de forma dialogada, conduzir por meio de discussões o processo de ensino e aprendizagem nos pontos ou questionamentos que julgar necessários. Dessa forma, como se percebe no **Quadro 3**, a partir dos relatórios entregues após as discussões no grande grupo, percebe-se ter ocorrido melhor entendimento sobre o questionamento proposto e, também em função dos relatos dos demais grupos, como consequência, a elaboração pelos grupos de respostas a alguns pontos que até então não havia ocorrido. Destaca-se também, com a licença do depoimento de quem participou da atividade, a ocorrência das interações entre alunos e professor nas etapas de discussões, permitindo ao aluno participar ativamente no processo de construção e aquisição de novos conhecimentos.

SEGUNDO QUESTIONAMENTO

O primeiro questionamento trouxe a necessidade do conhecimento prévio sobre o balanço de energia num sistema massa-mola para responder o funcionamento do balanço de energia no sistema gás-êmbolo. Agora, por sua vez, esse conhecimento sobre o sistema gás-êmbolo passa a ser um dos subsunçores que podem potencializar a capacidade dos alunos para responderem ao **segundo questionamento: Baseado na resposta anterior, explique o princípio de funcionamento básico de um refrigerador levando em consideração seus dois itens principais: compressor e válvula de expansão.**

Entende-se importante observar que, para uma compreensão do funcionamento do compressor e da válvula de expansão de um refrigerador outro subsunçor importante é derivado de estudos sobre mecânica dos fluidos, em que se observa as relações entre área de seção, velocidade e pressão de um fluido em escoamento. Recorda-se ao leitor que, para manter a fidedignidade dos dados coletados, não ocorreram correções gramaticais nos textos enviados pelos alunos. Contudo, para evitar a exposição de textos longos, houve, em alguns casos, a supressão de trechos considerados redundantes e/ou irrelevantes.

Observando as respostas dadas pelos alunos do Grupo A no **QUADRO 4**, vê-se que explicaram o ciclo básico da refrigeração com o funcionamento do compressor e da válvula de expansão. A expansão que, como efeito, permite a retirada de calor no interior do refrigerador e a compressão que permite a liberação do calor retirado do interior para o meio externo.

Quadro 4 – Relatórios, questionamento 2

Pré	<p>O funcionamento dos refrigeradores baseia-se em três princípios: calor transfere-se dos corpos mais quentes para os mais frios, a pressão é proporcional à temperatura [...]; a evaporação de um líquido retira calor de um corpo. O funcionamento dos refrigeradores baseia-se na retirada de calor dos materiais em seu interior, rejeitando-o para o meio externo. Para que o refrigerador funcione, é necessário que seja realizado trabalho sobre ele, o que é feito pelo compressor. Um refrigerador, na parte de trás, possui alguns tubos onde está inserida uma substância, no estado líquido e em alta pressão, denominada fluido refrigerante. Assim que ela passa por um pequeno orifício, vaporiza-se e expande-se. O gás resfria-se drasticamente e circula em uma serpentina, que está dentro da câmara de refrigeração. O gás agora se encontra a uma temperatura extremamente baixa, o que possibilita que ele absorva o calor, resfriando o ambiente. Após receber o calor, o gás continua a circular nos tubos e passa pela compressão, onde é submetido a uma altíssima pressão, o que faz com que sua temperatura aumente e ele volte ao estado líquido. Nessa etapa, é realizado trabalho sobre o gás. Depois, o gás passa por outra serpentina, cedendo calor para o ambiente externo do refrigerador, por isso que atrás de uma geladeira a temperatura sempre é elevada. Esse processo é um ciclo e se repete várias vezes.</p>
Final	<p>Tubo capilar ou válvula de expansão: responsável por manter diferença de pressão. Área menor resulta numa maior velocidade e numa menor pressão. Evaporador: absorve o calor interno do refrigerador. Condensador comprime o fluido refrigerante tornando-o gasoso com pressão e temperatura alta. O condensador retira o calor do fluido refrigerante rejeitando para o ambiente externo. Assim diminui-se a temperatura e pressão até voltar ao estado líquido. O líquido passa pela válvula de expansão que faz com que a temperatura diminua brutalmente. O fluido passa pelo evaporador para absorver o calor proveniente do espaço refrigerado fazendo com que o fluido aumente sua temperatura e volte a ser gás e retorna para o compressor repetindo as etapas anteriores em um ciclo.</p>

Fonte: relatório enviado pelo grupo A.

No relatório final o que apresentaram foi basicamente um resumo do que já haviam entregue no pré-relatório. Com exceção do pequeno trecho, destacado em negrito, em que complementam informações sobre o funcionamento da válvula de expansão, passando a relacionar não somente pressão e temperatura, mas, também área de seção e velocidade do fluido. Entende-se que essa complementação é decorrente de uma das intervenções do professor, que trouxe à tona conceitos de mecânica dos fluidos para explicar o funcionamento da válvula de expansão, ou seja, o estrangulamento da seção e seus efeitos na velocidade e pressão do fluido naquele ponto do ciclo.

Vê-se no **QUADRO 5** a resposta dada pelos alunos do Grupo B. Entende-se, nesse caso, que os alunos desse grupo descreveram o ciclo de refrigeração, mas sem tecer comentários sobre os fenômenos físicos envolvidos no processo. E, mesmo assim, esses alunos limitaram-se a reproduzir a mesma resposta do pré-relatório no relatório final, o que impede uma análise sobre o efeito das discussões realizadas no grande grupo sobre o entendimento dessa questão pelo referido grupo.

Quadro 5 – Relatórios, questionamento 2

Pré	Um refrigerador é uma máquina térmica que utiliza a vaporização de uma substância para retirar calor dos compartimentos para diminuir sua temperatura interna. O ciclo de refrigeração é dependente de um fluido refrigerante que circula em um circuito fechado sem perdas, e é composto por quatro etapas básicas [...]. O fluido refrigerante circula entre os componentes de todo o ciclo e é o responsável por levar o calor captado no evaporador, até o meio externo através do condensador. No evaporador o fluido, em baixa pressão e temperatura, recebe calor do meio. Em seguida o fluido tem sua pressão e temperatura aumentada, função exercida pelo compressor. O calor recebido é rejeitado no condensador e em seguida o fluido refrigerante volta a ter sua temperatura e pressão reduzida na válvula de expansão, concluindo o ciclo.
-----	---

Fonte: relatório enviado pelo grupo B.

Observando as respostas dadas pelos alunos do Grupo C, no **QUADRO 6**, vê-se que descreveram resumidamente o ciclo básico da refrigeração com o funcionamento do compressor e da válvula de expansão e explicaram os fenômenos físicos envolvidos. Percebe-se ter ocorrido um equívoco por parte desses alunos ao afirmarem que o processo ou sistema é isovolumétrico, equívoco que por eles foi corrigido em observação no relatório final.

Quadro 6 – Relatórios, questionamento 2

Pré	O refrigerador se baseia no princípio de conservação de energia interna. Na primeira etapa o gás refrigerante entra com uma temperatura inicial "T". Ao ser comprimido, sua pressão aumenta, e por se tratar de um sistema isovolumétrico sua temperatura aumenta proporcionalmente. Em um segundo estágio o gás em uma temperatura elevada troca calor com o meio externo através de um radiador, fazendo com que o gás sobre pressão retorne à temperatura ambiente. Em uma terceira etapa ocorre a descompressão, onde a pressão é reduzida e pelo fato de a energia interna do sistema continuar a mesma, a temperatura cairá drasticamente. Em uma quarta etapa esse gás resfriado absorve calor de dentro do refrigerador, retornando a temperatura "T" inicial e recomeçando o ciclo.
Final	Não trata-se de um sistema Isovolumétrico, já que ocorre variação de Volume. Já a quantidade de matéria no processo é constante.

Fonte: relatório enviado pelo grupo C.

Assim como os alunos do Grupo C, os alunos do Grupo D, no **QUADRO 7**, também descreveram resumidamente o ciclo básico da refrigeração com o funcionamento do compressor e da válvula de expansão e explicaram os fenômenos físicos envolvidos. Na resposta dada pelos alunos do Grupo D em seu relatório final, percebe-se uma complementação de informações quanto aos fenômenos físicos envolvidos, pois assim como os alunos do Grupo A, justificaram o funcionamento da válvula de expansão a partir de conhecimentos sobre mecânica dos fluidos.

Quadro 7 – Relatórios, questionamento 2

Pré	[...] o refrigerador utiliza um líquido refrigerante (geralmente o freon que tem temperatura de ebulição próximo a temperatura ambiente) e a variações de pressão do sistema para regular a temperatura desse. O compressor aumenta a pressão do fluido de maneira rápida e conseqüentemente a energia interna de suas moléculas, aumentando sua temperatura. A válvula de expansão diminuí a
-----	---

	pressão do líquido que tende a diminuir sua temperatura e absorver calor do meio.
Final	Um ciclo básico de refrigeração é composto de quatro elementos principais: compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador. O compressor comprime o fluido, aumentando a pressão, temperatura e o seu ponto de ebulição, fazendo com que o fluido permaneça em estado líquido. Após esta etapa, o fluido passa pelo condensador, trocando calor com o meio externo e diminuindo sua temperatura. Posteriormente, este passará pela válvula de expansão, que é responsável pela redução da pressão do líquido, diminuindo o diâmetro da tubulação e aumentando a velocidade de vazão, diminuindo a temperatura do fluido abaixo do seu ponto de fusão.

Fonte: relatório enviado pelo grupo D.

O que se percebe no **QUADRO 8** é que a resposta dada pelos alunos do Grupo E foi incompleta e equivocada. Incompleta pois descreveram os dois elementos principais (compressor e válvula de expansão) mas, não explicaram todo o funcionamento do ciclo. Equivocada pois, ao não levar em consideração os princípios da mecânica dos fluidos, afirmaram que na válvula de expansão havia um aumento do diâmetro da tubulação do fluido circulante. Percebe-se também que no relatório final os alunos desse grupo não se preocuparam em complementar as informações sobre o funcionamento do ciclo, mas, corrigiram e justificaram o equívoco sobre a válvula de expansão.

Quadro 8 – Relatórios, questionamento 2

Pré	Em um refrigerador o compressor fica na parte de trás da máquina, é uma tubulação de pequena seção onde o gás circula com alta pressão e temperatura. A válvula de expansão é ligada a tubulação e tem o trabalho de baixar a temperatura, isso ocorre porque sua tubulação tem o diâmetro maior do que a do compressor, diminuindo assim a pressão e resfriando o refrigerador.
Final	Após os comentários em sala, ouve um erro de escrita quando foi dito que “isso ocorre porque sua tubulação tem o diâmetro maior do que a do compressor”, já que o diâmetro é menor do que o diâmetro do compressor. Isto porque segundo o que foi comentado em sala quando tem uma maior área terá uma menor velocidade e consequentemente uma maior pressão.

Fonte: relatório enviado pelo grupo E.

Observa-se, ao final das atividades relacionadas ao segundo questionamento que, mesmo sendo esse um questionamento mais direto que o primeiro, as dificuldades inicialmente apresentadas foram basicamente as mesmas. Sim, o questionamento foi sucinto, mas, a complexidade dos conhecimentos e das interações entre eles para se chegar a uma resposta satisfatória é basicamente a mesma, condizente com a proposta da Metodologia PGD: partir de um questionamento ou tema gerador e seguir com o mesmo tema, com novos questionamentos que muitas vezes têm suas respostas condicionadas às respostas dos questionamentos anteriores (MACHADO, 2009). O que propõe a TAS? Que os conhecimentos prévios sirvam de alicerce para a construção de novos conhecimentos e assim sucessivamente. Nesse sentido, de construção por etapas, é que os questionamentos foram elaborados. A pressão desloca um sistema massa mola que gera um processo de conversão trabalho-energia análogo ao que acontece em um sistema gasoso e esse sistema gasoso, também em um processo de conversão trabalho-energia, é utilizado no processo de refrigeração. Assim, na busca de permitir que o problema exerça a sua função de potencializador de

aprendizagem significativa, percebe-se nesse segundo questionamento a mesma complexidade de raciocínio exigida aos alunos para a obtenção de sua resposta. Em virtude das dificuldades apresentadas nos relatórios pelos alunos, mesmo após as discussões e diagnosticadas pelo professor, cabe a ele, em sala de aula reconduzir as discussões a fim de esclarecer as dúvidas que persistirem.

TERCEIRO QUESTIONAMENTO

O terceiro questionamento foi assim descrito: **Explique o princípio físico do funcionamento da panela de pressão.** Para a compreensão da questão, entende-se que os conhecimentos subsunçores necessários encontram-se nos princípios da calorimetria, no que se refere à influência da pressão sobre a mudança de estado de um material. O que se entende como uma resposta satisfatória para esse questionamento são basicamente dois pontos: o fornecimento de calor ao sistema aumenta a sua temperatura e conseqüentemente a pressão e o aumento da pressão interna alteram o ponto de ebulição da água, permitindo que o líquido atinja temperaturas acima de 100°C, cozinhando o alimento mais rapidamente.

Analisando as respostas dos alunos no **Quadro 9**, entende-se que todos os grupos apresentaram respostas satisfatórias. Observa-se alguns detalhes a mais observados pelos alunos dos Grupos A e B: a necessidade de vedação da tampa e informações específicas sobre a pressão e temperatura no ambiente e interna de uma panela de pressão em funcionamento. Entende-se, nesse caso, importante recordar que durante todo o processo de busca pelo entendimento e de resposta aos questionamentos, os alunos têm livre acesso a qualquer tipo de fonte de informações.

Quadro 9 – Pré-relatórios, questionamento 3

<p>Sua tampa possui uma borracha responsável pela vedação total da panela, impedindo que o vapor de água escape fazendo com que a pressão interna da panela vá aumentando à medida que aquece esse sistema. Visto que está sob uma pressão maior que a pressão atmosférica, a água não entra em ebulição em 100°C, mas sim em temperaturas mais elevadas, o que faz com que o alimento cozinhe mais rápido. Princípio: quanto maior for a pressão, maior será a temperatura de ebulição e mais tempo o líquido permanecerá nesse estado físico. A pressão atmosférica ao nível do mar é 1atm e, dentro da panela, ela pode atingir valores entre 1,44 e 2,0 atm, resultando em temperaturas de ebulição de cerca de 120°C (Grupo A).</p>
<p>A panela de pressão possui um sistema de vedação por borracha muito eficiente, o que impede a dissipação de vapor de água para o ambiente. A pressão dentro da panela pode chegar a 2 atm, elevando a temperatura de ebulição da água para aproximadamente 120°C, acelerando o processo de cozimento dos alimentos. O calor recebido pelos alimentos, causa a evaporação da água, e esse vapor permanece na panela, aumentando sua pressão. Por questões de segurança, as panelas de pressão possuem válvulas de segurança, que controlam a saída de vapor de água quando a pressão interna chega ao limite (Grupo B).</p>
<p>Relacionada a primeira lei da termodinâmica, no qual o volume da panela é constante e ao aumentar a temperatura irá aumentar a energia interna, fazendo com que o trabalho gere uma maior agitação das moléculas e a pressão interna na panela será maior que a pressão externa, o que permite que a água da panela atinja temperaturas ainda maiores antes de entrar em ebulição (Grupo C).</p>
<p>De acordo com a lei de Clapeyron, a pressão é diretamente proporcional à temperatura, portanto ao aquecer um líquido dentro da panela, sua pressão interna (máximo do 2 atm) se torna maior que a pressão externa devido ao aumento da energia cinética das</p>

moléculas, assim, a temperatura de ebulição do líquido aumenta cozinhando o alimento mais rapidamente (Grupo D).

Em uma panela de pressão, como o nome sugere, a pressão interna é maior que a externa, isso proporciona que o ponto de ebulição da água na panela seja mais elevado, possibilitando que o cozimento do alimento seja mais rápido, pois a água pode chegar a temperaturas acima de 100°C sem que passe para o estado gasoso (Grupo E).

Fonte: alunos.

Após as discussões no grande grupo, observaram-se nos relatórios finais apenas algumas complementações por parte de alguns grupos: “Aumento da temperatura causa aumento de pressão que comprime e dificulta que a água atinja a temperatura de ebulição” (Grupo A). Nessa complementação percebe-se a intenção dos alunos do Grupo A em justificar a influência da pressão sobre o ponto de ebulição da água. O mesmo se percebe no relatório final dos alunos do Grupo C: “A pressão maior dentro da panela comprime as partículas de água, fazendo com que a água entre em ebulição em uma maior temperatura, assim a temperatura do cozimento do alimento é maior e o tempo gasto é menor”. Os alunos do Grupo D apenas complementaram sua resposta com uma informação nova que obtiveram a partir dos alunos dos Grupos A e C: “A temperatura de ebulição chega a atingir 120°C” (Grupo D).

O terceiro questionamento é, em comparação aos dois anteriores, o mais direto. Obrigatoriamente mantém a pressão como objeto de estudo, mas não apresenta relacionamento direto com os anteriores, pois a panela de pressão não tem seu funcionamento atrelado a um sistema de conversão trabalho-energia. Traz à tona outros conhecimentos prévios necessários, relacionados ao conteúdo da Termologia. A pressão até então decorrente de forças mecânicas agora será efeito de uma fonte de calor em um sistema considerado isométrico e, como resultado comprimindo e dificultando o processo de libertação das partículas de água no estado líquido passando para o gasoso. Assim como os questionamentos anteriores, seguindo às orientações da TAS, o terceiro questionamento também exige dos alunos, envolvimento, discussões e aplicação de conhecimentos prévios a fim de desenvolver o raciocínio necessário na busca de sua resolução.

QUARTO QUESTIONAMENTO

Encontram-se no QUADRO 10 as respostas dos alunos ao questionamento quatro: Proponha procedimentos experimentais para se determinar a diferença do custo do cozimento de um mesmo alimento com uma panela de pressão e uma panela comum.

Quadro 10 – Respostas do questionamento da primeira atividade

1-Pesar a massa do botijão (p1); 2-Colocar a panela de pressão para cozinhar o primeiro alimento e cronometrar o tempo (t1); 3-Após o término do cozimento, pesar a massa do botijão novamente (p2); 4-Colocar o segundo alimento para cozinhar na panela comum e cronometrar o tempo (t2); 5-Após o término do cozimento, pesar a massa do botijão novamente (p3). Preço do botijão (preço) ÷ p1 = preço por kg / (p2- p1) x preço por kg = gasto da panela de pressão (p3- p2) x preço por kg = gasto da panela comum
(t2 - t1) = economia de tempo ao utilizar a panela de pressão

<p>Gasto da panela comum - gasto da panela de pressão = economia de custo ao utilizar a panela de pressão $(p_3 - p_2) - (p_2 - p_1) = \text{economia de gás (Grupo A)}$.</p>
<p>1-Colocar a balança em uma superfície plana e em cima dela o botijão de gás. Analisar a massa fornecida pela balança, que corresponde a massa total. 2-Subtrair 15,8kg do valor total fornecido pela balança. O botijão de gás comum utilizado em residências tem capacidade de 13kg de gás em seu interior. Quando está cheio, chega a pesar entre 28kg e 28,8kg. 3 -Adicionar água e um alimento para cozimento, na panela de pressão. Colocar ao fogo e cronometrar o tempo de cozimento. 4-Medir a massa do botijão de gás após o cozimento com o auxílio da balança. Subtrair 15,8kg do valor. 5-Medir novamente a massa do botijão de gás, e dela subtrair 15,8 kg. 6-Adicionar água e o mesmo tipo de alimento utilizado anteriormente em uma panela comum. Colocar a panela ao fogo e cronometrar o tempo de cozimento. 7-Aferir a massa do botijão de gás após o cozimento com o auxílio da balança. Subtrair 15,8 kg do valor. 8-Comparar a diferença entre as massas dos botijões nos dois casos. 9-Calculer o custo de gás utilizado por meio das regras: Peso do botijão de gás cheio (usar média entre 28kg e 28,8kg) – valor R\$ Variação: (Peso do botijão antes do cozimento – peso do botijão depois do cozimento) – X (Grupo B).</p>
<p>Métodos: colocar 500mL de água em cada uma das panelas e 100g de feijão em cada. Então, fechar a panela de pressão com a tampa adequada e tampar a panela comum com sua respectiva tampa. Colocar ambas as panelas no fogão, sobre duas bocas idênticas e acender o fogo ao mesmo tempo, iniciando o processo de cozimento. Após isso, observa-se o tempo de cozimento do feijão para cada uma das panelas e os tempos devem ser comparados (Grupo C).</p>
<p>Um exemplo de experimento é o cozimento do feijão em uma panela de pressão e uma convencional, comparando gasto de água, gás e tempo. É notório que a panela convencional gastará mais em todos os aspectos aferidos. O experimento pode ser realizado com diversos tipos de alimentos (Grupo D).</p>
<p>Comparando o tempo de cozimento que a panela de pressão e uma panela comum levam para cozinhar o mesmo alimento nas mesmas condições, pode-se perceber que haverá uma boa economia de gás ao utilizar a panela de pressão, pois cozinha mais rápido economizando tempo e dinheiro (Grupo E).</p>

Fonte: pré-relatórios enviados pelos alunos.

Os alunos do Grupo A propõem em seus procedimentos que se coloque para cozinhar um mesmo alimento na panela de pressão e na panela comum e estabelecem a determinação da diferença do custo de cozimento a partir do consumo em kg da massa de gás em cada caso e da diferença do tempo de cozimento entre as duas panelas. Percebe-se alguns equívocos nesse relato, entre eles a indicação da ação de **pesar a massa** de algo e **determinar o consumo de gás pela diferença p2-p1**, sendo p1 a massa do botijão antes do uso e p2 a massa do botijão após o uso. A determinação da diferença de tempo é irrelevante para o caso, pois, o custo está relacionado apenas ao consumo de gás e esse é determinado diretamente pela variação da sua massa. Procedimentos bem semelhantes aos do Grupo A são propostos pelos alunos do Grupo B. Os alunos do Grupo C, por sua vez, apresentam uma proposta incompleta, que permite apenas determinar a diferença do tempo necessário para o cozimento nas duas panelas em questão. Mas, não dão sequência à proposta, indicando o que fazer com esse tempo para se determinar a diferença no custo desse cozimento. Enquanto os alunos dos Grupos D e E limitaram-se a tecer comentários sobre a diferença do uso dos dois tipos de panela, mas, sem apresentar qualquer proposta de procedimento.

Após as discussões no grande grupo, os alunos apresentaram em seus relatos formas e propostas diferentes para resolver a questão. Os alunos do Grupo A, por exemplo, corrigem alguns equívocos e indicam uma forma de simplificação dos procedimentos. E propõem, assim como os alunos do Grupo B, que se inicie o cozimento nas duas panelas ao mesmo tempo e que só se faça a medida do que efetivamente indica a diferença no funcionamento entre elas, ou seja, as medidas de consumo da panela comum somente a partir do momento em que na panela de pressão o cozimento já esteja pronto.

Aferir a massa do botijão (p_1) [...] $(p_1 - p_2) \times \text{preço por kg} = \text{gasto da panela de pressão[...]}$. Percebemos que poderíamos ter colocado as duas panelas ao mesmo tempo e aferir a massa apenas no momento em que a panela de pressão estivesse pronta e restasse apenas a comum. O cálculo seria mais rápido e fácil (relatório final, Grupo A).

Colocar a panela de pressão e a panela comum ao mesmo tempo no fogão. Colocar o botijão de gás em cima de uma balança e tarar a mesma. Ligar o fogão e quando o cozimento do alimento da panela de pressão estiver pronto realizar a medição da massa, anotando-a. Fazer o mesmo quando o alimento da panela comum estiver cozido. Calcular a diferença das duas massas obtidas. E por meio da seguinte regra é descoberto a diferença do custo gasto com as duas panelas: Peso do botijão de gás cheio (13 kg) – valor R\$ Variação das massas – X (relatório final, Grupo B).

Os alunos do Grupo C complementam sua proposta inicial indicando procedimentos para permitir, conforme solicita o questionamento 4, determinar a diferença de custo no funcionamento das duas panelas. Observa-se nesse relatório ainda a insistência dos alunos, a despeito das discussões no grande grupo, em permanecer propondo a realização de medidas de tempo, desnecessárias no processo. Percebe-se, destacado em **negrito**, um equívoco recorrente do uso da linguagem popular ao indicar o prefixo quilo como a unidade de medida da massa.

[...]colocar o botijão na balança e executar a função tara. Iniciar o cozimento da panela de pressão e anotar o tempo gasto juntamente a massa gasta do gás registrado na balança. Fazer o mesmo procedimento com a panela normal, executando na mesma boca do fogão e com mesmo tamanho de chama para garantir igualdade dos resultados. Por fim, com o preço de um botijão, efetuar o cálculo no qual divide o preço por **Kilo** de gás e relaciona com a massa de gás foi gasto, precificando assim o custo do cozimento em cada um dos casos. Por fim, dividir o preço do gás gasto pelo seu tempo de cozimento, assim comparando qual tem o menor gasto por tempo de cozimento (relatório final, Grupo C, **negrito nosso**).

Os alunos do Grupo D que inicialmente não haviam apresentado os procedimentos propostos, o fizeram no seu relatório final (**QUADRO 11**). Percebe-se em sua resposta no Quadro 11 que, se os alunos do Grupo D não haviam entendido anteriormente como proceder, aprenderam a fazê-lo influenciados pelos relatos dos alunos dos outros grupos, apresentados nas discussões no grande grupo.

quando o alimento que esta na panela de pressão estiver cozinhado vamos pesar o botijão começar a marcar o tempo até que o alimento que esta na panela comum cozinhe. Assim que o alimento da panela comum cozinhe, vamos parar o tempo, esse tempo será nossa variação de tempo. Assim, mediremos a massa do botijão e teremos variação do tempo que demorou para uma panela comum cozinhar o alimento. Após isso, calculamos o dinheiro gasto a mais quando usamos uma panela comum em vez de uma panela de pressão (relatório final, Grupo E).

Assim, esse grupo permaneceu, mesmo após as discussões no grande grupo, com uma proposta de procedimentos incompletos.

Como o último, das questões voltadas para a formação científica, esse quarto questionamento exerce dupla função. A primeira, como não poderia deixar de ser, a de contribuir para a construção e aquisição de conhecimentos científicos. A segunda, à medida que seus resultados trarão subsídios para a obtenção de resposta a questionamento posteriores, permite-se atuar como elo entre as questões científicas e sociais. A Metodologia PGD propõe questionamentos voltados para a formação acadêmica tanto no aspecto científico ou profissional quanto no aspecto social ou humanístico, seguindo as determinações das DCN dos cursos de Engenharia. No que se refere ao aspecto social a metodologia propõe que se promovam discussões sobre a não neutralidade da tecnologia, ou seja, que a tecnologia enquanto processo de produção, uso e descarte do produto sejam analisados sob diferentes aspectos: sociais, ambientais, éticas, políticas, econômicas, entre outros. Esse problema solicita aos alunos que apresentem uma proposta de procedimentos experimentais a fim de se obter determinado objetivo. Ausubel (2003) e Silva e Beltran Nunez (2002) reconhecem as potencialidades das atividades experimentais junto à busca de uma estratégia de ensino, mas destacam a importância de que, assim como os problemas, exijam dos alunos o uso de raciocínio para o seu desenvolvimento e, nesse sentido, Machado (2009) observa que para exercer a função de potencializadora de aprendizagem significativa uma atividade experimental não pode ser proposta no formato de receita de bolo. Assim, esse questionamento solicita aos alunos uma proposta de atividade experimental com um objetivo definido, mas, não estabelece formas ou meios de se atingir o objetivo deixando aos alunos, em seus grupos, total liberdade para discutirem qual procedimento adotar. Naturalmente surgiram propostas diferentes e que foram discutidas uma a uma posteriormente no grande grupo, permitindo aos alunos que fizessem comparações não somente entre o uso das diferentes panelas, mas, também entre os próprios procedimentos propostos. Ao observar a permanência de equívocos dos alunos nos procedimentos propostos pelo seu grupo mesmo após as discussões no grande grupo, o professor precisou conversar com esses grupos individualmente para que as dúvidas fossem sanadas.

CONCLUSÃO

A partir dos dados coletados e análises realizadas, entende-se que os resultados obtidos pela pesquisa aqui apresentada permitem afirmar que o PGD Pressão possibilitou por meio das atividades propostas e aplicadas na disciplina de Física 2, junto a acadêmicos de um curso de Engenharia Química, desempenhar um papel mais efetivo junto ao processo de formação acadêmica do aluno de Engenharia promovendo atividades de ensino que contribuíram no processo de formação de competências.

As atividades propostas pelos PGD levaram os alunos a exercitarem sua capacidade de analisar e compreender fenômenos físicos utilizando-se dos seus conhecimentos prévios adquiridos no ensino da Física. Esses conhecimentos foram colocados à prova em diferentes atividades de ensino (em grupo, com discussões, pesquisa, reflexões, experimentais etc.), contribuindo para o desempenho, por parte do aluno, de um papel mais independente junto ao processo de busca e aquisição de novos conhecimentos, corroborando as premissas básicas da TAS sobre os procedimentos de ensino a serem desenvolvidos a fim de potencializar a aprendizagem significativa.

An investigation about the Effects of Problem Generator Discussions with the theme Pressure in the Scientific Education of Chemical Engineering students in Physics Teaching

ABSTRACT

This paper presents an investigation of the effects in the scientific formation of students of an Engineering course caused by the application of the Methodology of Problem Generator Discussions (PGD). It is proposed the use of the PGD Pressure as a response to requests from the National Curriculum Guidelines (NCG) of Engineering courses as a way to promote the realization of teaching activities that contribute to the process of building the desired skills of an academic profile. Within this framework, the authors summarize the structure of the PGD Pressure and its form of application and establish, by means of a parallel between the NCG and the Theory of Meaningful Learning (TML), parameters for the analysis of the effects. It is understood that the application of PGD promoted teaching activities leading students to perform: calculations, analyzes, discussions, propose practical procedures, etc., enhancing the formation of academic skills requested by the NCG for analysis and understanding of physical phenomena and the construction of new knowledge.

Keywords: *Problem Generator Discussions; Engineering Teaching; Teaching Physics; Meaningful Learning; NCG of Engineering courses.*

Una investigación sobre los efectos de un Problema Generador de Discusión con el tema Presión en la Formación Científica de Estudiantes de Ingeniería Química en la enseñanza de la Física

RESUMEN

Este trabajo presenta una investigación de los efectos en la formación científica de académicos de un curso de Ingeniería provocados por la aplicación de la Metodología de Problemas Generadores de Discusiones (PGD). Se propone aplicar el PGD Presión como respuesta a las solicitudes de los Lineamientos Curriculares Nacionales (DCN) de cursos de Ingeniería como una forma de promover la realización de actividades de enseñanza que contribuyan al proceso de construcción de las habilidades deseadas al perfil académico. En el marco, los autores presentan, de forma resumida, la estructura del PGD Presión y su forma de aplicación y establecen, mediante un paralelo entre las DCN y la Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS), parámetros para el análisis de los efectos. Se entiende que la aplicación del PGD promovió actividades de enseñanza que llevaron a los estudiantes a realizar: cálculos, análisis, discusiones, proponer procedimientos prácticos, etc., potenciando la formación de habilidades académicas solicitadas por las DCN para el análisis y comprensión de los fenómenos físicos y la construcción de nuevos conocimientos.

Palabras clave: Problemas Generador de Discusiones; Enseñanza en Ingeniería; Enseñanza de Física; Aprendizaje significativo; DCN de cursos de Ingeniería.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.

AUSUBEL, D.P. , NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana,1980.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70. 1977.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. Institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 32. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15766-rces011-02&category_slug=junho-2014-pdf&Itemid=30192 .

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução n.2 de 24 de abril de 2019. Institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 abr. 2019. Seção. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192 .

BUCHWEITZ, B. Aprendizagem Significativa: idéias de estudantes concluintes de curso superior. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v.6, n.2, p. 133-141, 2001. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/581>.

CASTRO, C. M. **A prática da pesquisa**. 2. ed, Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2006.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica: para uso dos estudantes universitários**. 3 ed., McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1983.

CRUZ NETO, O. MOREIRA, M. R.; SUCENA, L. F. M. Grupos Focais e Pesquisa Social Qualitativa: o debate orientado como técnica de investigação. **XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, realizado em Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil de 4 a 8 de novembro de 2002. Disponível em: http://www2.fct.unesp.br/docentes/geo/necio_turra/PESQUISA%20EM%20GEOGRAFIA/Grupos%20Focais%20e%20Pesquisa%20Social%20Qualitativa_o%20debate%20orientado%20como%20t%E9cnica%20de%20investiga%E7%E3o.pdf .

DA COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. Atas do III Encontro Internacional sobre

Aprendizagem Significativa, Peniche, 2000, p. 243 - 252. Disponível em: www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewPDFInterstitial/6663/6134

DA COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. O Papel da Modelagem Mental dos Enunciados na Resolução de Problemas em Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, no. 1, março, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000100009.

FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. G. A resolução de problemas em Física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, Brasil, v. 6, n. 2, p. 143 - 196, 2001. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n2>.

GURUCEAGA, A.; GONZÁLES GARCIA, F. Aprendizaje Significativo Y Educación Ambiental: análisis de los resultados de una práctica fundamentada teóricamente. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, v.22, n.1, p.115-136, 2004. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21965>.

LAKATOS, E. A.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LUCERO, I. ; CONCARI, S.; POZZO, R. El Análisis Cualitativo en la Resolución de Problemas de Física y su Influencia en el Aprendizaje Significativo. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v.2, n1. p. 85-96, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/>.

MACHADO, V. **Problemas Geradores de Discussões: uma proposta para a disciplina de Física nos cursos de Engenharia**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, junho de 2009-b. Disponível em : <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3533>.

MACHADO, V. Uma investigação sobre a aplicação de um Problema Gerador de Discussões sob o tema pressão: proposta e vislumbres. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 7, n.1, p. 37 - 50, maio. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbfta/article/view/12042>.

MACHADO, V.; ENRIQUE, C.M.; MACHADO, P.L.O. O uso de ferramentas dinâmicas como forma de auxiliar a resolução de um problema: uma revisão teórica à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 3, n.2, p. 19-34, nov./dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbfta/article/view/4453>.

MACHADO, V. *et al.* PGD Pressão: uma investigação sobre os efeitos do problema gerador, **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 7, n.2, p. 19-38, agosto. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbfta/article/view/12446>.

MACHADO, V; PINHEIRO, N.A.M. Como elaborar e aplicar um Problema Gerador de Discussões. In: Marcia Regina Carletto e Rosemari Foggiatto (Org.). **Ensino de Ciência e Tecnologia: práticas docentes em foco**. 1ed. Ponta Grossa, 2014.

MACHADO, V.; PINHEIRO, N. A. M. Investigando a Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões: aplicações na disciplina de Física no ensino de Engenharia. **Ciência & Educação**, vol.16, n.02, 2010, p. 525-542. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000300002 .

MACHADO, V.; PINHEIRO, N. A. M. **O ensino de Física por meio de Problemas Geradores de Discussões**. Texto de Apoio ao Professor de Física, vol.31, n.01, 2020, p. 01-44, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: https://ppgenfis.if.ufrgs.br/textos_apoio.ph .

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa crítica. **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Peniche, Lisboa, p. 33-45, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva, setembro de 2000. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. Conferência de encerramento do **V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Madrid, Espanha, setembro de 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/> .

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**, ed. 3, Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://biblioteca.isced.ac.mz/handle/123456789/712> .

SOUZA, C. A.; BASTOS, F. P. Um Ambiente Multimídia e a Resolução de Problemas. **Revista Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 315-332, 2006.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Revista Ciências & Cognição**, v. 13, n.1, p. 94-100, 2008. Disponível em: <http://cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/687> .ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Planejamento de curso através da técnica de resolução de problemas: um exemplo. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 237-240, 1992.

Recebido: 12 de maio de 2021.

Aprovado: 11 de setembro de 2021.

DOI:

Como citar: MACHADO V., MOREIRA M.A. Uma investigação sobre os efeitos de um Problema Gerador de Discussões com o tema Pressão na Formação Científica de Acadêmicos de Engenharia Química no ensino de Físicado, **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 8, n.2, p. 16-42, setembro. 2021.

Contato: Vinicius Machado: vinmac@utfpr.edu.br

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

