

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO FÍSICA
CURSO DE FÍSICA - LICENCIATURA

Ubiratã José Furtado

**Importância e desafios em resolução de problemas e problemas abertos no ensino de
Física**

Florianópolis

2021

Ubiratã José Furtado

Importância e desafios em resolução de problemas e problemas abertos no ensino de Física

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Física-Licenciatura, do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do Título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Henrique César da Silva

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Furtado, Ubiratã José

Importância e desafios em resolução de problemas e
problemas abertos no ensino de Física / Ubiratã José
Furtado ; orientador, Henrique César da Silva, 2021.
57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas, Graduação em Física, Florianópolis,
2021.

Inclui referências.

1. Física. 2. Resolução de problemas. 3. Problemas
abertos. I. Silva, Henrique César da. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Física. III. Título.

Ubiratãn José Furtado

Importância e desafios em resolução de problemas e problemas abertos no ensino de Física

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Licenciado em Física” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Física-Licenciatura

Florianópolis, 30 de setembro de 2021.

Prof.^a Marinês Cordeiro, Dra.

Coordenadora do Curso De Licenciatura em Física
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Henrique César da Silva, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Gabriela Kaiana Ferreira, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Tatiana da Silva, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado a todos que contribuem para a melhora do ensino.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram na minha trajetória até este momento. Agradeço especialmente à minha família, que sempre esteve presente.

Agradeço também às universidades públicas, cujo objetivo é formar profissionais e cidadãos que possam melhorar a sociedade na qual vivemos. Desejo que muitos outros tenham a oportunidade de estudar em uma.

RESUMO

Este trabalho aborda investigações acerca de resolução de problemas e problemas abertos no Ensino de Física no âmbito de disciplinas de Estágio Supervisionado, realizados em turmas de segunda série do ensino médio, tendo como objetivo principal analisar o envolvimento e as dificuldades dos alunos em tais práticas. Os fracassos observados em avaliações baseadas em resolução de problemas demonstram a necessidade de se trabalhar este assunto em sala de aula por parte do professor e de toda a escola. Muitos estudantes, sem uma preparação para tal, são incapazes de resolver problemas de lápis e papel e problemas abertos em física. Entre outros benefícios, a resolução de problemas contribui para o aprendizado da teoria, para dinamizar a aula e para formar cidadãos mais conscientes do mundo ao seu redor e do impacto de suas ações nele, inclusive fora de sala de aula. A resolução de problemas abertos vai ao encontro de posições filosóficas que defendem uma postura mais ativa do aluno durante o processo de ensino-aprendizagem. Conclui-se então que a resolução de problemas, principalmente os abertos, é uma ferramenta útil em vários aspectos no processo de ensino-aprendizagem, além de ser de baixo custo material, ou seja, não demanda a presença de grandes recursos, podendo ser trabalhada em praticamente qualquer escola.

Palavras-chave: Resolução de problemas. Problemas abertos. Estágio supervisionado. Envolvimento.

ABSTRACT

This work talks about investigations of problem solving and ill-structured problems in the context of physics teaching in high school classes, where the main goal was to analyze students' involvement and their difficulties in such subjects. The failures observed in tests based on problem solving show the necessity to work on this subject in the classroom by the teacher and the school. Most students without a proper training should not be considered able to solve pencil and paper problems and ill-structured problems in physics. Among other benefits, problem solving also contributes to the learning of the theory, to make the class more dynamic and to form citizens more aware of the world around and the impact of their actions on it, even outside the classroom. Solving ill-structured problems meets philosophical positions that advocate a more active student stance during the teaching-learning process. We concluded, then, that problem solving, especially with ill-structured ones, is a useful tool in several aspects in the teaching-learning process, in addition to being of low material cost, that is, it does not demand many resources and it can be implemented in almost any school.

Keywords: Problem solving. Ill-structured problems. Teacher education. Involvement.

LISTA DE FIGURAS

Resolução da questão 1, aluno 1.....	42
Resolução da questão 1, aluno 2.....	43
Resolução da questão 1, aluno 3.....	43
Resolução da questão 1, aluno 4.....	44
Resolução da questão 1, aluno 5.....	45
Gráfico da questão 2. (FONTE: Física – volume 2 (Ensino Médio) Newton, Helou, Gualter, p. 66, 2010).....	46
Resolução da questão 2, aluno 6.....	47
Resolução da questão 2, aluno 7.....	47
Resolução da questão 2, aluno 8.....	48
Resolução da questão 2, aluno 9.....	49
Resolução da questão 2, aluno 10.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCN+ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

BNCC Base Nacional Comum Curricular

BNCC-EM Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio

SUMÁRIO

Índice

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3 REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	19
3.1 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.....	19
3.1.1 Etapas na resolução de problemas.....	21
3.1.2 O papel do professor no desenvolvimento de habilidades para a resolução de problemas.....	22
3.1.3 Uma estratégia para a resolução de problemas em física básica.....	24
3.2 PROBLEMAS ABERTOS.....	26
4 AS INVESTIGAÇÕES.....	30
4.1 ESTÁGIO C.....	30
4.2 ESTÁGIO D.....	33
5 ANÁLISE SOBRE OS RESULTADOS DOS ESTÁGIOS.....	36
5.1 ESTÁGIO C.....	36
5.2 ESTÁGIO D.....	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
APÊNDICE A – Plano de unidade aplicado durante o Estágio C.....	53

1 INTRODUÇÃO

É de consenso geral entre os pesquisadores da área de ensino de ciências que o ensino, incluindo o Ensino Médio, deve proporcionar o desenvolvimento de habilidades investigativas e científicas (PEDUZZI, 1997). Os métodos de ensino devem capacitar os alunos a responder a perguntas e a procurar pelas informações necessárias para a resolução de situações do cotidiano, não somente no trabalho mas também na vida pessoal. Uma das características que devem ser trabalhadas no processo de aprendizagem é a atitude reflexiva e autocrítica diante de possíveis erros. Um ensino que proporcione a formação de estruturas de raciocínio, fator necessário para uma aprendizagem efetiva, permite que os alunos gerenciem os conhecimentos adquiridos (BRASIL, 2006a). Nesta perspectiva, estratégias de resolução de problemas têm sido elaboradas “para completar a forma de ensino tradicional, permitindo aos alunos terem uma visão diferente da realidade a partir de um estímulo e da reflexão” (BOY & GARCIA, 2018, p. 143).

Este trabalho versa sobre duas investigações realizadas durante as disciplinas de Estágio Supervisionado em Ensino de Física C (estágio C) e Estágio Supervisionado em Ensino de Física D (estágio D), do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina, tendo como principal objetivo analisar o envolvimento e o desempenho dos alunos em práticas de resolução de problemas. Os assuntos de física trabalhados foram o Ciclo de Carnot, Máquinas Térmicas e Mudanças de Estado Físico. Como presente no PCN+ do Ensino Médio na seção de Física:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCN. Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. (BRASIL, 2006b, p. 01)

Para justificar a importância de se trabalhar estes assuntos, cabe reforçar as Competências Gerais do PCN+ do Ensino Médio (BRASIL, 2006b). Entre as principais competências que podem ser trabalhadas com estes assuntos, salientamos as seguintes: a) Discussão e argumentação de temas de interesse da C&T, pois as máquinas térmicas e mudanças de estado estão presentes no cotidiano da população em geral, inclusive dentro das nossas casas (refrigeradores e ar condicionado), e tiveram um importante papel histórico na

Primeira Revolução Industrial; b) Estratégias para enfrentamento de situações-problema, pois diante de algumas situações se faz necessário reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situar dentro de uma área da Física e identificar as grandezas relevantes; c) Interações, relações e funções, invariantes e transformações, pois diante de algumas situações se faz necessário estabelecer relações entre grandezas; d) Ciência e tecnologia na história, ou seja, compreender o conhecimento científico e tecnológico como uma construção humana, e que a construção desse conhecimento se dá em um contexto histórico e social, inclusive alterando a realidade da sociedade ou até mesmo do planeta todo; e) Ciência e tecnologia na cultura contemporânea e na atualidade, ou seja, saber como a ciência e a tecnologia afetam a sociedade de hoje em dia.

Mais recentemente foi instituída a Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio – BNCC-EM (BRASIL, 2018), na qual muitos argumentos similares ou iguais aos mencionados acima, contidos nos PNC's, estão inclusos. A BNCC é obrigatória, ou seja, as escolas devem abordar tais assuntos. Entre várias competências que a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias devem promover, a BNCC menciona que o ensino deve se desencadear “a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental.” e que “Vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente.” (BRASIL, 2018, p. 551). Problemas abertos também são discutidos no presente trabalho.

Nesta direção, ao final do conjunto de aulas planejadas, em relação a aprendizagem em Física, era almejado que os alunos soubessem identificar a importância de mudanças de estado e das transformações termodinâmicas e a importância de se procurar diminuir as perdas de energia útil durante essas transformações. Em relação à formação dos alunos num contexto mais geral, pensando na formação científica e tecnológica e também na formação para a vida, almejava-se trabalhar algumas das competências citadas nos parágrafos anteriores e os benefícios das áreas temáticas de pesquisa em ensino de física na qual as aulas foram baseadas, Resolução de problemas e Problemas abertos, discutidos no próximo capítulo, como uma maior autonomia para tomar ações e buscar soluções para diversos problemas que possam aparecer durante toda a vida do estudante, inclusive depois de sair da escola.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: no capítulo 2 os objetivos gerais e específicos são apresentados, no capítulo 3 as áreas temáticas são discutidas, no capítulo 4 os

estágios são descritos, no capítulo 5 eles são analisados e, por último, no capítulo 6 são feitas considerações finais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Discutir a importância e os desafios de trabalhar resolução de problemas em sala de aula.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discutir a importância de resolução de problemas e problemas abertos com base na literatura da área;
- Analisar as respostas de alunos a problemas abertos trabalhados em turmas de Física de ensino médio;
- Propor uma forma de trabalhar problemas abertos com os alunos usando um exemplo;
- Evidenciar as dificuldades dos alunos em resolução de problemas através de exemplos.

3 REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo discutimos as áreas temáticas de pesquisa em ensino de Física que formaram os referenciais teóricos deste trabalho: resolução de problemas e problemas abertos.

3.1 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Muitas vezes é comum imaginar que se os alunos possuem o conhecimento conceitual sobre algum assunto, incluindo o matemático quando necessário, eles são então capazes de resolver problemas por si próprios, mesmo sem um treinamento para tal. No entanto, o observado na prática é diferente, inclusive entre professores (GIL-PÉREZ et al., 1988; PEDUZZI, 1997; GUIASOLA et al., 2015). As avaliações baseadas em problemas, e algumas em exercícios, não obtêm resultados satisfatórios. Além disso, isso dificulta a avaliação do nível de conhecimento dos alunos sobre o assunto em questão, pois eles são avaliados através de problemas, mas não os é fornecido um treinamento sobre resolução de problemas, soando até mesmo incoerente. Como veremos, a resolução de problemas em física, e em outras áreas do conhecimento, pode ser útil no desenvolvimento de diferentes habilidades, não servindo apenas como um meio de avaliação em massa. Ela deve, portanto, ser trabalhada em sala de aula, podendo ser uma importante ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem. O professor, e a escola como um todo, devem considerar a resolução de problemas como parte integrante do ensino, e atividades sobre o assunto certamente resultarão em alunos com uma maior autonomia em suas ações em vários momentos de suas vidas.

Durante o percurso da vida, as pessoas enfrentam diversas situações onde devem tomar decisões e buscar soluções, fazer considerações em diferentes níveis de complexidade, seja no trabalho, nos estudos, ou até mesmo no cotidiano pessoal. Não são somente os estudantes de ciências e os cientistas que possuem problemas para resolver.

Em vários livros didáticos há a divisão entre exercícios e problemas. Os exercícios são elaborados para que sejam óbvios os passos a serem feitos para chegar à resolução, geralmente sem ou com poucos passos intermediários. São para aplicações diretas das teorias ou das suas fórmulas matemáticas. Os problemas são mais complexos. Muitas vezes envolvem conceitos estudados anteriormente, exigem passos intermediários para relacionar as grandezas fornecidas pelo enunciado às incógnitas. No entanto, alguns autores defendem a tese, com a qual estou de acordo, de que uma situação pode ser um problema para algumas

peças e um exercício para outras. Neste caso, diz-se que uma situação é um problema para uma pessoa quando a solução, ou a tomada de uma decisão, não é óbvia, não é automática para esta pessoa. Ou seja, é necessário refletir sobre o assunto e a solução, ou uma delas, é encontrada através de uma sequência de passos e/ou tomada de decisões (ECHEVERRÍA & POZO, 1994 apud PEDUZZI, 1997). Diferentemente, em um exercício, são usadas rotinas automatizadas, já conhecidas pelo solucionador, e muitas vezes não há uma reflexão crítica sobre o resultado, exceto se está longe do esperado, pois o solucionador já possui uma noção da resposta. Estas considerações são válidas tanto para os exercícios/problemas do livro didático quanto situações do cotidiano. Em muitos casos há mais de um caminho possível até uma resposta. Em vista disso, eu uso o termo “passos” considerando o caminho pensado pelo solucionador. Considero também que etapas podem ser constituídas de vários passos.

Desta forma, uma situação que é um exercício para uma pessoa pode ser um problema para outra. Não deve-se então afirmar que uma situação é um problema ou um exercício sem levar em conta a pessoa a quem se apresenta tal situação.

Num ambiente de estudos, à medida em que um estudante adquire conhecimento e desenvolve novas habilidades, uma situação que inicialmente é um problema, pode passar a ser apenas um simples exercício.

Através da resolução de problemas o aluno consolida o conhecimento e desenvolve habilidades. Entretanto, os alunos podem não perceber a sua importância por conta própria, tornando a resolução continuada de problemas e exercícios não atrativa e cansativa, principalmente quando os exercícios repetitivos de muitos livros didáticos tradicionais são levados em conta. O professor deve, então, trabalhar também os propósitos dos exercícios e dos problemas em sala de aula, contribuindo para a aceitação da importância destes por parte do aluno e também para a evolução do aluno neste quesito (PEDUZZI, 1997; GIL-PÉREZ et al., 1988). Inclusive simples exercícios podem requerer uma discussão mais aprofundada por parte do professor (GUISASOLA, 2015), sendo útil para a consolidação do conhecimento.

Contudo, na maioria das vezes, observa-se que os professores de física, durante a explicação de um exemplo, fazem uma sequência de passos como se fossem óbvios, inclusive para os alunos. Isto ocorre inclusive quando o exemplo é classificado como um problema. Ou seja, o professor trata o que era um problema como um exercício. Ele não incita o questionamento por parte dos alunos e não trabalha o fato de que algumas tentativas de solução podem não dar certo, inclusive da parte dele. Além disso, quando o professor faz perguntas sobre qual deve ser o próximo passo, elas já dão uma indicação da direção. Quando

chega a vez dos alunos, ou seja, quando eles vão enfrentar problemas sozinhos, eles então sentem dificuldades para solucioná-los, pois não receberam formação aprofundada para tal prática. Tal situação tem sido causa de parte da falta de motivação para o estudo da Física e da sensação de incapacidade para a resolução de problemas. Contraditoriamente, muitos professores consideram que as causas dos fracassos dos alunos na resolução de problemas se dão devido a uma não compreensão dos temas estudados e/ou conhecimentos deficitários de matemática, sem questionar a própria didática.

Diante do exposto acima, a resolução de problemas assume um papel de grande relevância no processo de ensino-aprendizagem de Física e por isso deve ser estudada e investigada. Neste sentido, para contribuir com estas questões e com os objetivos deste trabalho, discutimos, a partir da literatura da área, etapas para a resolução de problemas.

3.1.1 Etapas na resolução de problemas

Peduzzi (1997) apresenta vários autores que propõem uma classificação das etapas ou fases presentes na resolução de problemas. Para o autor, estas classificações deixam de fora fatores psicológicos, como ansiedade, motivação, destreza, influência de experiências anteriores, etc. Para Kuhn (1987), não deve-se sugerir que somente se ataque um problema após dominar por completo a teoria, pois a teoria também é aprendida na busca de soluções para determinados problemas. Por experiência própria durante a minha vida de estudante, e pela dificuldade de muitos colegas em resolver problemas, mesmo aparentemente tendo compreendido a teoria, acredito que muitos conceitos são muitas vezes aprendidos verdadeiramente através da resolução de exercícios/problemas.

Há também pesquisas na área de resolução de problemas nos quais há vários caminhos possíveis até uma resposta ou há várias respostas possíveis, com alguns se enquadrando na categoria de problemas abertos. Há várias classificações para problemas abertos, voltaremos a esse assunto mais adiante.

Quando se procura classificar as etapas efetuadas por um especialista (professor ou cientista) na abordagem a um problema de ciências naturais, voltado ao ensino ou não, verifica-se, normalmente, o seguinte: primeiro o problema a ser tratado é identificado; em seguida, são formuladas hipóteses e modelos são construídos, incluindo os cálculos matemáticos quando necessário; o próximo passo é a comparação dos dados fornecidos pelos modelos aos dados reais; a interpretação destes dados, os limites de aplicação do experimento

e dos modelos, o potencial de previsão destes, a proposição de novos experimentos e a confirmação ou a necessidade de alterações dos modelos são por último analisados.

Na resolução de problemas com objetivo de aprendizagem, de um modo bem geral, os passos são similares (KRAMERS-PALS & PILOT, 1988 apud PEDUZZI, 1997): análise do problema (fase 1); planejamento do processo de resolução (fase 2); resolução de fato (fase 3); análise e interpretação da resposta (fase 4).

Surge agora a questão de como trabalhar a resolução de problemas em sala de aula. Iniciamos com uma discussão sobre qual é o papel do professor neste processo e depois veremos uma estratégia mais detalhada para a resolução de problemas.

3.1.2 O papel do professor no desenvolvimento de habilidades para a resolução de problemas

Apenas observar o professor resolvendo problemas de maneira linear, ou seja, apresentando somente os passos necessários e numa ordem lógica de acordo com o pensado por eles, como citado antes, não fornece o sucesso desejado aos alunos por parte das instituições escolares. Os professores não enxergam a necessidade de trabalhar a resolução de problemas mais do que é normalmente trabalhada, visto que o processo de ensino não muda mesmo diante de resultados insatisfatórios. Ironicamente, os alunos são avaliados principalmente através de problemas.

Como explorar, então, as habilidades do professor, ou de um especialista, em resolver problemas em favor do processo de ensino-aprendizagem?

Se solicitarmos a um professor para relatar e descrever os passos por ele tomado durante a resolução de um problema pela primeira vez, não necessariamente todos os passos serão realmente descritos, é possível que apenas os passos julgados como corretos sejam enunciados, consciente ou inconscientemente. Uma análise retrospectiva também pode apresentar as mesmas características e talvez alguns passos possam ser esquecidos ou ainda julgados como não relevantes.

Observar criticamente como os alunos abordam um problema pode ajudar a identificar as características de bons e maus solucionadores e dificuldades enfrentadas por eles. Pesquisas já desenvolvidas mostram que existem grandes diferenças entre a abordagem de bons e maus solucionadores, ou especialistas e iniciantes (LARKIN & REIF, 1979;

LARKIN & McDERMOTT, 1980; ROSA, MOREIRA & BUCHWEITZ, 1992; ZAJCHOWSKI & MARTIN, 1993 apud PEDUZZI, 1997).

Vários passos tomados por um especialista na resolução de problemas não são perceptíveis, mesmo aos observadores atentos, pois são feitos mentalmente, de forma abreviada. Muitos passos podem ser familiares ao especialista e, portanto, o julgamento se eles são apropriados ou não é feito instantaneamente, alguns até inconscientemente. Normalmente apenas a parte da resolução de fato é mais visível.

‘Na fase 1, a parte escrita limita-se frequentemente ao rabisco de alguns dados. Na fase 2, o loop 2b-2c [planejamento] não é em geral comentado, porque a maioria dos problemas são meras rotinas para o professor (exercícios). A conferência dos resultados, tão usual ao especialista, também é feita mentalmente. Como, então, podem os estudantes aprender a fazerem uma cuidadosa análise do problema, a planejarem os passos relativos à solução e a avaliarem os resultados se eles não veem o professor fazendo isso?’ (KRAMERS-PALS & PILOT, 1988 apud PEDUZZI, 1997, p. 237).

Vemos a necessidade de que o professor esteja consciente destes fatos. Ele deve discutir diferentes abordagens, como se é mais conveniente usar a conservação da energia mecânica ou as leis de Newton na resolução de um problema de Física 1, se há atrito ou não; discutir se uma lei é válida em uma dada situação, e inclusive leis que ele sabe que não são, mas que podem ajudar a desenvolver o julgamento dos alunos e ajudar na consolidação do conhecimento teórico; discutir quais equações são úteis; discutir se a resposta faz sentido fisicamente e se é um valor típico do cotidiano. Enfim, várias questões podem ser exploradas.

Cabe também aos livros didáticos o papel de capacitarem os estudantes para a resolução de problemas. Considero que, geralmente, os exemplos são bem explicados nesses livros, mas apenas os passos corretos são relatados e de forma linear. Os autores, que são professores e pesquisadores de ensino, devem ter isso em mente.

Sobre as estratégias gerais para a resolução de problemas, apesar das críticas à elas, como o já mencionado fato de que muitas deixam de lado fatores psicológicos e entre outras coisas, julgo que elas não devem ser descartadas, pois podem, além de promover uma discussão sobre a importância da resolução de problemas no processo de ensino-aprendizagem, fornecer elementos e inspiração para que os estudantes desenvolvam suas habilidades e também suas próprias estratégias de resolução de problemas.

Por fim, além de prover ferramentas para a resolução de problemas, tanto individuais quanto locais e globais, o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve ser encarado “também como um abertura para novas visões de mundo” (BRASIL, 2018, p. 547). Isto posto, ao escolher problemas para trabalhar em sala de aula, os professores devem estar

atentos também à relação homem-natureza e suas implicações sociais, culturais, ambientais e históricas, de forma local e global. Além disso, a escolha de problemas relevantes para a comunidade na qual a escola está inserida, considerando e respeitando as particularidades dos alunos, pode servir como fator motivacional.

3.1.3 Uma estratégia para a resolução de problemas em física básica

A estratégia a seguir é apresentada por Peduzzi (1997) e reproduzida fielmente aqui. Ela foi escolhida por ser bem detalhada, podendo chamar a atenção para diversos pontos durante a resolução de problemas, não somente escolares e com soluções conhecidas. Uma proposta de estratégia mais recente não difere muito (CLEMENT & TERRAZZAN, 2012). As fases da estratégia (que, segundo o autor, não estão ordenadas por hierarquia ou ordem de importância) para a resolução de problemas de física básica são:

1. Ler o enunciado do problema com atenção, buscando à sua compreensão;
2. Representar a situação-problema por desenhos, gráficos ou diagramas para melhor visualizá-la;
3. Listar os dados (expressando as grandezas envolvidas em notação simbólica);
4. Listar a(s) grandeza(s) incógnita(s) (expressando-a(s) em notação simbólica);
5. Verificar se as unidades das grandezas envolvidas fazem parte de um mesmo sistema de unidades; em caso negativo, estar atento para as transformações necessárias;
6. Analisar qualitativamente a situação problema, elaborando as hipóteses necessárias;
7. Quantificar a situação-problema, escrevendo uma equação de definição, lei ou princípio em que esteja envolvida a grandeza incógnita e que seja adequada ao problema;
8. Situar e orientar o sistema de referência de forma a facilitar a resolução do problema;
9. Desenvolver o problema literalmente, fazendo as substituições numéricas apenas ao seu final ou ao final de cada etapa;
10. Analisar criticamente o resultado encontrado;
11. Registrar, por escrito, as partes ou pontos chave no processo de resolução do problema;
12. Considerar o problema como ponto de partida para o estudo de novas situações-problema.

Pode parecer que o modelo acima possui muitas etapas, porém ele é similar aos outros apresentados na literatura. O primeiro ponto realça a importância da leitura com atenção do problema, buscando a identificação do que o problema pede e um entendimento geral do problema. O segundo ponto também se preocupa com o entendimento do problema, mas chama a atenção ao fato de que a representação deste de outras formas pode ser útil, principalmente para os alunos que têm um desempenho melhor com processos de aprendizagem mais visuais. Os terceiro e quarto passos, além de também ajudar no entendimento do problema, contribuem para uma resolução mais organizada e fazem a relação das grandezas físicas com as letras usadas nas fórmulas matemáticas. Nos enunciados geralmente há várias informações, algumas das quais podem passar despercebidas pelo leitor. Por exemplo, é um cilindro maciço ou oco que está girando? A expressão para o momento de inércia a ser usada depende da resposta e esta informação não vem na forma de um nome de uma grandeza física. Ainda sobre a leitura do enunciado, o quinto ponto ajuda a evitar erros simples no futuro.

O sexto passo é um dos mais importantes. É nele que os alunos farão considerações sobre o problema antes de lidarem com as equações. Quais são as aproximações feitas, quais são os princípios e leis que são válidos e podem ser usados, etc. Isto contribui para a aprendizagem dos assuntos envolvidos no problema, além do desenvolvimento da capacidade de julgamento dos alunos sobre hipóteses, para ver se elas são pertinentes ou não ao problema em questão. Os problemas abertos, como os propostos por Gil-Pérez (GIL-PÉREZ & MARTINEZ-TORREGROSA, 1987; GIL-PÉREZ et al., 1988; GIL-PÉREZ et al., 1992), são de grande ajuda nestes quesitos. Em problemas fechados há pouca margem para a emissão de hipóteses.

Ocorre que a estrutura usual dos problemas de lápis e papel, em física, calcada na busca de uma conexão entre dados e incógnitas, induz o estudante a considerar o conhecimento como resultado de um processo indutivo de inferência a partir de dados conhecidos, isto é, a uma visão empirista da ciência. [...] É importante ressaltar que a metodologia proposta por Gil-Pérez para a abordagem de problemas sustenta-se, teoricamente, no desenvolvimento de um ensino em conformidade com certos aspectos consensuais da moderna filosofia da ciência (Kuhn, Popper, Lakatos, Toulmin, Hanson etc.). Isto é, em um ensino que deve destacar o papel central da hipótese e do conjunto de pressupostos teóricos do cientista na proposição, delineamento, articulação e seleção de teorias. (PEDUZZI, 1997, p. 242)

O sétimo passo é escrever as fórmulas e equações que contêm as incógnitas e que sejam adequadas ao problema. Ter o conjunto de equações e fórmulas em mãos ajuda a visualizar a relação entre as variáveis, mesmo que algumas acabem não sendo úteis para um problema específico. Por exemplo, alguns problemas de mecânica podem ser resolvidos

usando a equação de Torricelli, que não envolve a grandeza tempo, mas é mais usual usar as equações que a envolvem. O fato de visualizar a equação de Torricelli pode simplificar a resolução. Para os pontos 6 e 7, é fundamental que os alunos possuam conhecimentos sobre a matéria estudada, sendo necessário uma aula sobre isso antes de se atacar um problema.

Os oitavo e nono pontos tratam da simplificação matemática e da execução das operações. Substituir as variáveis por números apenas no final ajuda a evitar erros. Ajuda também a rastrear erros mais facilmente do que ter que refazer todos os cálculos numéricos caso alguma resposta esteja errada. Além disso, substituir os valores apenas no final possibilita fazer considerações como “O que aconteceria se a massa do bloco fosse o dobro?” de maneira simples em casos onde a resposta é expressa em função da massa do bloco. Ao final, deve-se analisar se os resultados encontrados possuem sentido físico e se são razoáveis de acordo com a situação estudada.

Os dois últimos pontos são voltados ao ensino, para um processo de aprendizagem continuada. O professor pode fazer uma recapitulação sobre os principais passos tomados durante a resolução, separando considerações gerais da teoria e particulares do problema em questão. Isso ajuda a usar a resolução de um problema como ponto de partida para outro, pois faz a relação com algo que agora é conhecido dos alunos.

Quando o aluno tenta representar a situação-problema de outra maneira, formula hipóteses, lista os dados e incógnitas, verifica as unidades, escreve as equações relacionadas aos fenômenos envolvidos, trabalha sistematicamente e analisa os resultados encontrados, temos uma indicação de maior envolvimento na resolução (CLEMENT & TERRAZZAN, 2012). No entanto, a não realização das ações acima não indica necessariamente a falta de envolvimento, pois nem todas ficam evidentes explicitamente ou são feitas mentalmente e, no caso de respostas erradas, dificuldades conceituais podem estar presentes. Medidas do engajamento dos alunos nas atividades, além do comentado acima, podem ser feitas como discutido por Moraes e Taziri (2019).

3.2 PROBLEMAS ABERTOS

Em diversas áreas, os profissionais mais valorizados são os que, usualmente, são capacitados a resolverem problemas abertos, como um médico que consegue diagnosticar uma doença difícil de ser identificada; ou um engenheiro que consegue projetar algum produto com uma função inovadora; ou alguém que consegue identificar as causas de defeitos

mais rapidamente. Nestas situações as informações não são todas dadas em um enunciado, é preciso descobrir o que está envolvido, quais fatores são importantes e quais não são e o que precisa ser consertado ou alterado.

Problemas abertos, por definição, não possuem soluções preestabelecidas (GIL-PÉREZ & MARTINEZ-TORREGROSA, 1987; GIL-PÉREZ et al., 1988; GIL-PÉREZ et al., 1992). Em geral referem-se a um evento do mundo real e apresentam estado inicial só parcialmente conhecido. Ou seja, os alunos precisam fazer a relação com o que é de seu conhecimento e construir uma resposta consistente com a realidade e é, geralmente, necessário “fazer uso de idealizações, estimativas, aproximações, lançar hipóteses, testar a solução, monitorar e regular os procedimentos metodológicos e as próprias atividades cognitivas durante a tentativa de resolução do problema.” (OLIVEIRA, ARAUJO & VEIT, 2017, p. 2). Note também que não existe uma única resposta correta em muitas situações, pois ela depende de algumas considerações tomadas pelo solucionador. Nos problemas tradicionais geralmente todas as informações necessárias são fornecidas e os solucionadores são compelidos a usar todas estas informações na resolução. Veremos mais adiante um exemplo de como isso pode ser trabalhado em uma questão voltada ao ensino.

Ainda em Oliveira, Araujo e Veit (2017), diversos argumentos de outros trabalhos em defesa do uso de atividades didáticas de resolução de problemas abertos no ensino de física são citados. Entre os argumentos já apontados pelos autores supracitados, cabem destaque os seguintes: o uso de problemas abertos promove a aprendizagem dos alunos, sendo úteis para o tratamento de vários conteúdos de Física (conceitos, princípios e modelos) e também para o tratamento de procedimentos (técnicas, estratégias de solução, argumentação) e atitudes (juízos, normas e valores) (CLEMENT & TERRAZZAN, 2012); podem proporcionar a aquisição, solidificação e aplicação de conhecimento científico a partir de uma perspectiva pedagógica (ABDULLAH, 2014); em Pizzolato et al. (2014), é afirmado que as dificuldades tanto conceituais quanto epistemológicas em resolver problemas poderiam ser superadas introduzindo os alunos em um ambiente de raciocínio científico, promovido por processos de investigação via resolução de problemas abertos; similarmente, em Barkovich e Carreño (2013) e Laburú (2003), é argumentado que problemas abertos exigem procedimentos que se aproximam do trabalho científico, como análise qualitativa de uma situação, delimitação do problema a partir de hipóteses adequadas, seleção das variáveis, etc; a dinâmica da aula muda, na qual os alunos assumem uma postura mais ativa e acabam expondo algumas deficiências em seu conhecimento (ROBINSON, 2008); promovem o

trabalho colaborativo e auxiliam na transição entre o cotidiano e a compreensão de conceitos físicos (ENGHAG, GUSTAFSSON & JONSSON, 2009); aumento da capacidade criativa dos estudantes (DIAKIDOY & CONSTANTINOU, 2001); promoção do pensamento crítico (ERCEG, 2013); e podem contribuir para a superação da falta de interesse dos estudantes, possivelmente relacionada às abordagens abstratas, desvinculadas do mundo real (HUNSCHE & AULER, 2012).

Apesar dos vários argumentos citados no parágrafo anterior, atividades envolvendo a resolução de problemas abertos são pouco implementadas no ensino. Há apenas a resolução de exercícios e problemas típicos dos livros didáticos, tanto por parte dos professores quanto dos alunos, e não se procura desenvolver habilidades para a resolução de problemas abertos. Em vista disso, os alunos se preocupam em memorizar algoritmos para usarem nas avaliações, usualmente baseada em exercícios e problemas tradicionais. Esses algoritmos deixam de fora vários benefícios do raciocínio científico, já citados anteriormente, pois se baseiam apenas em relacionar variáveis (grandezas físicas) e fórmulas matemáticas. Um exemplo disso é o uso frequente das equações do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) em questões que envolvem aceleração variável, demonstrando que não há um julgamento do que é apropriado à situação ou não.

Há uma polissemia da expressão problema aberto na literatura (OLIVEIRA, ARAUJO & VEIT, 2017). Entre as definições encontradas estão: problemas mal estruturados/mal definidos, que não são resolvidos por procedimentos pré-definidos, o caminho para a resolução não é evidente, ou bem estruturados/bem definidos, que possuem todas as informações necessárias para resolvê-los, o conjunto de regras para isso é limitado e o caminho para a resolução é, muitas vezes, lógico e único; diferença entre exercícios, que podem ser resolvidos por aplicação de um procedimento rotineiro, e problemas autênticos, que exigem um processo de reflexão, que exigem hipóteses e decisões. Portanto, a distinção entre exercícios e problemas depende do conhecimento prévio do solucionador; problemas padrão, nos quais são fornecidos todos os dados necessários para a resolução e deve-se encontrar uma resposta bem definida, e problemas do mundo real, os quais devem estar relacionados a um contexto autêntico, com informações consistentes com a realidade e, os quais devem ser delimitados pelo solucionador, hipóteses, simplificações, escolha de modelos, etc, devem ser feitas; problemas bem contextualizados, com o objetivo de desenvolver uma análise sobre eventos reais, mas em que são necessários fornecer algumas

informações, descobrir qual é a variável de interesse, etc; por último, há os Fermi problems (ROBINSON, 2008), com pouca ou nenhuma informação.

Problemas abertos estão presentes no cotidiano de todos. É interessante notar que, embora não haja um consenso sobre o que seja um problema aberto, existem algumas características em comum entre as diferentes definições, como a indefinição de elementos do problema, diferentes soluções e caminhos para uma resposta, incerteza sobre os procedimentos para se encontrar a resposta, necessidade de conhecimentos de domínio e de conhecimentos procedimentais e a necessidade de se fazer julgamentos. É consenso também que atividades com este assunto podem contribuir de diversas maneiras para a aprendizagem e formação dos estudantes. Neste trabalho, o termo “problema aberto” é usado quando o problema se encaixa em uma ou mais das definições acima. No processo de ensino-aprendizagem, o “grau de abertura” dos problemas pode ser pensado de acordo com a experiência e familiaridade dos alunos com problemas desse tipo.

4 AS INVESTIGAÇÕES

Tendo em vista os argumentos supracitados, buscou-se trabalhar resolução de problemas e problemas abertos em aulas de Física de turmas de Ensino Médio. Aqui eu relato as partes de interesse a este trabalho dos estágios C e D. Nos estágios C e D, os alunos do curso de Física-licenciatura da UFSC devem desenvolver em sala de aula unidades completas de ensino em turmas de Ensino Médio. No estágio C os alunos do colégio trabalharam em grupos atividades de problemas abertos em sala de aula. No estágio D eu trabalhei em sala de aula problemas abertos e apliquei uma prova, também com problemas abertos, na última aula.

4.1 ESTÁGIO C

Eu pensei em trabalhar os problemas em grupo, julgando que poderia ser motivante para os menos interessados, ou ao menos gerar um empenho maior destes nas atividades através de discussões com os colegas. Havia ainda a necessidade de se trabalhar os conteúdos de física de acordo com o solicitado pela professora do colégio, devido ao cronograma que tinha de ser seguido, e julgamos que resolução de problemas e problemas abertos poderiam se adequar a este propósito, em vista também dos conteúdos de física que seriam trabalhados. Tínhamos então uma situação onde o conteúdo trabalhado fazia parte do currículo, máquinas térmicas e ciclo de Carnot.

O estágio foi realizado numa turma de segunda série do Ensino Médio, do Colégio de Aplicação (CA) de uma Universidade Federal, no segundo semestre de 2019.

O CA possui uma boa estrutura física, com diversos laboratórios de ensino, inclusive de Física. As turmas possuíam em média 25 alunos, número menor do que de outras escolas da região. Os professores de uma dada disciplina possuem salas próprias, além de um tempo maior para preparar as aulas do que professores de escolas do estado.

A turma na qual o estágio foi realizado contava com 26 alunos, mas sempre havia faltas ou alunos participando de outras atividades, como alguns alunos que viajaram ao exterior por alguns meses por conta de projetos e parcerias do CA com outras instituições.

Antes do planejamento e desenvolvimento da prática, foram observadas algumas aulas para que eu conhecesse as características da turma e tivesse um primeiro contato com ela. As aulas ministradas pela professora foram basicamente tradicionais, expositivas, com perguntas aos alunos. Porém, devido ao pouco tempo disponível, a professora acabava por

responder muitas das próprias perguntas para que a aula prosseguisse. A turma em geral tinha boa participação e dispersões da aula eram facilmente contornadas pela professora.

Diante do observado e da necessidade de seguir o plano de ensino, o planejamento (Apêndice A) foi composto de três encontros de duas aulas cada, em três dias diferentes. Como argumentado antes, é necessário um primeiro contato com o assunto antes de se atacar um problema, para que, entre outras coisas, desperte o interesse no aluno, este não se sinta desmotivado por saber muito pouco ou quase nada sobre os problemas a serem trabalhados, e para que o ensino avance mais rapidamente. O encontro 1 foi dedicado para isto. Ele correspondeu a uma aula de caráter tradicional, com perguntas aos alunos, sobre processos cíclicos, o ciclo de Carnot, processos reversíveis e irreversíveis e entropia. Ao final da aula, esperava-se que os alunos soubessem identificar o que é um processo cíclico, diferenciar processos reversíveis e irreversíveis e que tivessem uma noção sobre o conceito de entropia. No final da aula, foi realizada uma experiência demonstrativa sobre entropia com uma caixa e grãos de diferentes tipos, inicialmente separados. Após chacoalhar a caixa, observou-se as posições dos grãos. Como a primeira aula tinha um caráter tradicional, a prática correspondeu ao planejado. Por último, foi entregue uma lista de problemas, para ser devolvida uma semana depois, compondo parte da avaliação. A lista era composta por problemas abertos ou semiabertos. Nem todas as grandezas necessárias eram fornecidas nos enunciados, e comentei que, se os alunos pensassem que o valor de alguma grandeza era necessário para responder à pergunta, eles então deveriam fornecer valores. Isto está relacionado à frase “forneça valores ao final” nos enunciados das questões presentes no Apêndice A. Cabe lembrar aqui que, como já dito por Clement e Terrazzan (2012), Peduzzi (1997) e Guisasola et al. (2015), algumas situações podem se constituir em problemas para alguns e em exercícios para outros. Desta forma, o auxílio do professor neste momento é fundamental para o avanço em direção aos objetivos.

Antes de iniciar as atividades dos encontros 2 e 3, algumas dúvidas sobre a lista de problemas foram tiradas em sala de aula. Os alunos foram questionados sobre as dúvidas, e indicações sobre como resolver os problemas que foram propostos foram dadas. Houve perguntas sobre a matéria em si, mas principalmente sobre o que “forneça valores ao final” queria dizer. Expliquei novamente com o exemplo: qual é o rendimento máximo que uma máquina térmica pode ter operando com uma fonte fria $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Escrevi a expressão para o rendimento, discuti quais eram as grandezas da expressão fornecidas no enunciado, e atribui

um valor para a temperatura da fonte quente em conjunto com os alunos, discutindo se tinha de ser maior ou menor do que a temperatura da fonte fria.

Para o segundo encontro foi solicitado que os alunos, em grupos, construíssem teoricamente um motor a base d'água e de vapor d'água, operando em ciclos, como previsto no planejamento. Mais precisamente, foi solicitado aos alunos que construíssem um motor pensando as partes e o funcionamento deste, usando os conhecimentos das aulas anteriores, inclusive de assuntos trabalhados antes do início do estágio pela professora da turma. Disse para os alunos pensarem em como usar a expansão de um gás para mover algo e em como fazer com o que processo fosse cíclico. Somente após essa parte feita, os alunos deveriam pensar em construir um gráfico da pressão versus volume ($P \times V$) com as transformações ocorridas.

Após deixar um tempo para que os alunos pensassem sobre o problema, foi passado em cada grupo para ver o andamento do que foi solicitado. Mesmo solicitando que os alunos construíssem um motor pensando as partes e o funcionamento do motor, os alunos pensaram apenas em fazer um gráfico $P \times V$, ou seja, os alunos não entenderam o que foi solicitado. Era desejado que os alunos pensassem em como obter trabalho (expansão) a partir de um gás aquecido, e ainda que o processo fosse cíclico, permitindo o funcionamento contínuo.

Foi repetida a explicação em cada grupo, reforçando no que era esperado. Antes do final da aula, foi distribuído uma folha de papel para cada grupo para que escrevessem o que fizeram até aquele momento. Mesmo com as explicações, apenas um grupo fez parte do esperado. Os outros grupos apenas entregaram as anotações da explicação.

Devido ao andamento lento da atividade, não foi possível fazer a discussão das propostas dos diferentes grupos, como previsto no planejamento. Ficou clara a dificuldade dos alunos em fazer uma atividade diferente do que estão acostumados. Além disso, foi percebido muita conversa alheia ao problema, prejudicando a atividade. Não foi comentado sobre a possibilidade de se usar ou não o livro didático, pois nele havia uma resposta pronta ao problema. No entanto, um grupo pensou em usá-lo, o que não foi permitido. Nos outros grupos não foi necessário falar nada.

Os minutos iniciais do terceiro encontro foram deixados para esclarecimento de dúvidas sobre a lista de problemas, que foram poucas e principalmente sobre a teoria. Após as dúvidas, os alunos entregaram a tarefa, como previsto. Dois alunos não a entregaram.

Em seguida, foi solicitado a um aluno do grupo que tinha feito a atividade anterior de forma mais completa que explicasse o que tinham pensado no quadro. Eu ajudei a explicar

partes que talvez não tivessem sido bem explicadas. Como os outros grupos não tinham proposto algo diferente, e devido ao tempo curto, as respostas apresentadas não foram confrontadas.

Em seguida, foi solicitado para que os alunos, em grupos, construíssem teoricamente uma geladeira a base d'água e de vapor d'água, operando em ciclos, como também previsto no planejamento. As mesmas orientações do encontro anterior foram dadas, ou seja, foi pedido para que os alunos construíssem uma geladeira pensando as partes e o funcionamento desta, usando os conhecimentos das aulas anteriores, inclusive de assuntos trabalhados antes do início da prática. Foi enfatizado que esta primeira parte era a mais importante, e somente após essa parte feita é que deveriam pensar em construir um gráfico $P \times V$ com as transformações ocorridas.

Como antes, após deixar um tempo para que os alunos pensassem sobre o problema, foi passado em cada grupo para ver o andamento do que foi solicitado. Diante da dificuldade dos alunos, desta vez foi permitido o uso do livro didático, para ver se as propostas melhorariam.

Desta vez, houve uma melhora considerável nas propostas entregues. Entre os motivos pensados para essa melhora estão um contato com esse tipo de atividade no encontro anterior e a possibilidade do uso do livro didático. Com a exceção de um dos seis grupos, todos entregaram uma proposta para o funcionamento da geladeira, nas quais explicaram o que ocorre em cada parte. No entanto, nenhum grupo conseguiu identificar as transformações termodinâmicas que ocorrem em cada etapa, muito menos fazer um gráfico $P \times V$ a tempo. Conversas alheias ao problema novamente prejudicaram o andamento da atividade.

Nos minutos finais, foi solicitado ao mesmo aluno da atividade anterior para explicar o funcionamento do proposto. Não houve tempo para uma discussão mais profunda e um confronto de propostas também não contribuiria muito pois, talvez devido ao auxílio do livro, as propostas ficaram parecidas. O auxílio do livro diminuiu o grau de abertura do problema.

Durante as atividades dos encontros 2 e 3, os alunos foram incentivados a pensar por si próprios. Acreditamos assim que habilidades para a resolução de problemas pudessem ser melhor desenvolvidas. Os problemas trabalhados foram o mais aberto possível e, quando necessário, interferi auxiliando os alunos de acordo com a sua dificuldade.

Isto posto, as aulas almejavam trabalhar com a resolução de problemas abertos e semiabertos, para desenvolver as habilidades dos alunos e consolidar nestes o conhecimento conceitual e teórico do assunto estudado.

4.2 ESTÁGIO D

Este estágio foi realizado na mesma instituição do Estágio C, mas em outro semestre e em outras turmas. Algumas partes das aulas nesse estágio tiveram um caráter mais tradicional, expositivo, e alguns problemas abertos foram discutidos. Em vista disso, faço aqui apenas um relato da parte relacionada às áreas temáticas de ensino deste TCC.

Antes de abordar os problemas abertos, aulas expositivas sobre a teoria foram ministradas. Na última aula desse estágio os alunos tiveram uma prova com dois problemas abertos. Na seção seguinte eu faço uma análise sobre algumas respostas apresentadas a essas questões. Antes disso, vejamos um exemplo usando uma questão da prova para ver como os problemas foram trabalhados em sala de aula. Para isto eu me orientei usando a estratégia da seção 3.1.3.

A questão 1 da prova foi a seguinte: “Qual é a quantidade de calor necessária para transformar em vapor um cubo de gelo? Dados: $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, $L_F = 80 \text{ cal/g}$, $L_V = 540 \text{ cal/g}$.”

Um solucionador experiente, acostumado com problemas tradicionais, provavelmente diria que não é possível resolver, pois o enunciado não informa a massa e nem a temperatura inicial do gelo. Na vida real os problemas informam o valor de todas as grandezas necessárias diretamente? Não. Vejamos um caminho possível para uma resposta considerando esta mesma questão.

Após deixar um tempo para os alunos refletirem, pode-se fazer algumas perguntas. As perguntas, quando possível, não devem guiar os alunos diretamente à resposta, devem incentivar o raciocínio com uma postura investigativa. A pergunta inicial, apropriada em várias situações, poderia ser (etapas 1, 2 e 6) “Qual é a física ou fenômenos físicos envolvidos?”. - Mudança de estado. “Vai diretamente do gelo para vapor?” - Não, são necessárias duas mudanças. O estado inicial é gelo, a primeira mudança é uma fusão. A segunda mudança é uma vaporização. “Qual é o primeiro passo a ser tomado?” Alguns podem falar que deve-se calcular o calor necessário para a fusão, ou simplesmente o calor latente. Neste ponto a pergunta deve ser mais direta, pois muitos alunos poderiam simplesmente

começar a calcular o calor latente de fusão sem pensar na temperatura inicial do gelo. “Qual é a temperatura em que o gelo deve estar para que comece a fusão?” - Zero graus Celsius. “O enunciado menciona que o gelo está a zero graus Celsius?” - Não.

Neste momento surgiria a primeira grande dúvida, como é possível responder à questão se ela não informa o valor inicial da temperatura do gelo? Aqui entra a parte de Problemas Abertos. Embora seja um problema relativamente simples, é fundamental descobrir que a temperatura inicial do gelo é um dado necessário e, então, fornecer um valor inicial a ela. Este fato pode ser relacionado com a vida real, onde em vez de fornecer um valor para a temperatura, ela poderia ser medida e o valor utilizado como dado inicial.

Define-se, então, um valor inicial para a temperatura do gelo, obviamente menor do que ou igual a zero graus Celsius. Aqui pode-se começar a listar os dados e as incógnitas (etapas 3 e 4). Para fins didáticos pode-se escolher um valor menor do que zero, assim tem um passo e uma reflexão a mais. Após chegar a conclusão de que o gelo deve ser aquecido até zero graus Celsius para que a fusão comece a ocorrer, pode-se perguntar “Como calculamos a quantidade de calor nessa primeira etapa?” Ao analisar a fórmula matemática $Q = mc\Delta T$ (etapa 7) viria a necessidade de saber o valor da massa do gelo. A discussão seria parecida com a da temperatura inicial do gelo. O resto da resolução seguiria de maneira similar. Após essa parte, as fórmulas matemáticas podem ser aplicadas, como é feito em problemas tradicionais (etapa 9), juntamente com as etapas faltantes.

Um dos objetivos desse estágio era que os alunos das turmas elaborassem uma estratégia para a resolução de problemas, mas não houve tempo disponível. Esperava-se que ao pensar em uma estratégia os alunos fossem capazes de perceber o que era necessário para responder às questões. De fato, o item 7 da estratégia para resolução de problemas apresentada na seção 2.1.3 menciona que deve-se escrever as leis e fórmulas cabíveis ao problema. Ao analisar essas fórmulas algumas grandezas poderiam estar faltando na lista elaborada no item 3 dessa mesma estratégia.

5 ANÁLISE SOBRE OS RESULTADOS DOS ESTÁGIOS

5.1 ESTÁGIO C

Devido ao tempo tomado por algumas atividades, não foi possível seguir o planejamento completamente, principalmente nos encontros 2 e 3, demandando algumas adaptações. Isto serviu para mostrar a importância da flexibilidade do plano. Através de ciclos de experimentação e reflexão sobre as práticas o professor adquire experiência em preparar e ministrar tais atividades e, portanto, mais efetivo será o ensino. Será mais fácil para ele escolher uma estratégia de ensino, em função da matéria e da turma em questão. O mesmo vale para os alunos, quanto mais eles estão acostumados com atividades diferentes, menor será o estranhamento e menos dificuldades surgirão.

Os alunos ficaram em dúvida sobre o que foi dito com “Forneça valores ao final”, em alguns problemas do questionário. O objetivo era que os alunos identificassem quais grandezas eram necessárias para a solução e, após obter uma expressão para uma resposta que não pudesse mais ser simplificada, fornecessem valores para as grandezas faltantes de acordo com o estudado até o momento e com o seu cotidiano, caso existisse uma relação com o mesmo. Ao fazer com que os alunos fornecessem os valores, talvez eles fizessem a relação de que a resposta final depende dos valores escolhidos. Não houve tempo para trabalhar problemas abertos deste tipo com os alunos na primeira aula, necessitando uma aprimoração do planejamento. No início da segunda aula este ponto foi esclarecido. Acreditamos que três encontros é pouco para o que se pretendia trabalhar. Um encontro a mais após o primeiro dia seria muito útil para que o professor pudesse trabalhar resolução de problemas e problemas abertos. Questões nas quais se deve fornecer algumas variáveis não são comuns aos alunos. Não houve tempo para resolver nenhuma questão deste tipo no quadro, apenas algumas dúvidas foram tiradas nos espaços de tempo previstos no planejamento. Este ponto precisa ser corrigido em experiências futuras.

Em um encontro a mais também poderia haver uma preparação para as atividades previstas originalmente nos encontros 2 e 3. Durante estas atividades pretendia-se que os alunos pensassem por si próprios, para que desenvolvessem habilidades para solucionar problemas. Contudo, em se tratando de uma atividade nova para os estudantes, percebe-se agora que faltou uma preparação anterior. Dificilmente os alunos têm a possibilidade de fazer uma atividade assim, construir algo presente no cotidiano a partir de poucas informações

explicitamente dadas e usando conhecimentos da física. Relembro aqui que nos problemas tradicionais, com os quais os alunos estão acostumados, todas as informações necessárias são fornecidas nos enunciados. Uma comparação com a estratégia da seção 3.1.3 poderia ser feita e discutida com os alunos.

Algumas dificuldades, frequentemente comentadas em artigos sobre as áreas temáticas, presentes nas resoluções dos alunos foram observadas. Cabe aqui lembrá-las por serem úteis para a reflexão e para planejamento de aulas futuras. As principais dificuldades encontradas foram: os alunos não sabem identificar qual é a incógnita, não enxergam o problema num todo, e não trabalham metodicamente. Além disso, não identificam a necessidade de se usar assuntos estudados anteriormente no problema atual, no caso do assunto em questão, mudança de estado físico; não sabem o significado físico das grandezas, e não analisam se valores numéricos propostos para as grandezas têm sentido físico.

As dificuldades de não identificar a incógnita e não possuir uma imagem completa do problema remetem, embora não necessariamente de maneira completa, pois podem estar relacionadas também a dificuldades conceituais, aos primeiros quatro passos do roteiro para a resolução de problemas apresentado por Peduzzi (1997). Deve-se incentivar os alunos a representar a situação-problema de diferentes maneiras para que tenham o maior entendimento possível, assim como a importância de trabalhar sistematicamente. A motivação dos alunos deve ser também trabalhada, pois pode aumentar o envolvimento. Neste momento, fatores psicológicos, citados anteriormente, são importantes. Conhecer os alunos, as experiências escolares anteriores, até mesmo as dificuldades fora da escola, pode ajudar a escolher problemas que possam ser de interesse para os alunos, que possam estar relacionados ao seu cotidiano, que tenham contato com a sua realidade. A escola também deve trabalhar para que os alunos tenham condições de focar mais nos estudos.

A não relação com outros assuntos estudados anteriormente evidencia uma deficiência na consolidação destes. O fato de não saberem o significado físico das grandezas está relacionado, entre outras coisas, à falta de atenção e/ou de motivação, pois sem o interesse do aluno dificilmente há um esforço para o entendimento, além da dificuldade da relação dos conceitos físicos com as fórmulas matemáticas. Muitos alunos não enxergam que algumas grandezas podem assumir um conjunto de valores, ou que elas representam uma infinidade de valores, dentro de uma equação, enquanto que outras são constantes. As dificuldades em se trabalhar mais com variáveis do que com números refletem este problema. Em resumo, muitos são acostumados a substituir as variáveis por números nas fórmulas logo

no início da resolução. Não há um raciocínio, por exemplo, do que aconteceria se o valor de algum dado inicial fosse dobrado, o que seria mais facilmente obtido se a incógnita fosse isolada em função das outras variáveis, como já mencionado na seção 3.1.3.

A falta de análise de se os valores numéricos propostos para as grandezas físicas têm sentido físico, especialmente no caso de problemas abertos, remete ao mal conhecimento teórico e ao ponto 10 do roteiro do Peduzzi (1997). Falta também a interpretação dos resultados por parte dos alunos, fato que não é costume para eles. Também aqui o envolvimento dos alunos e o uso de problemas relacionados ao seu cotidiano podem ajudar na análise dos valores, pois serão de interesse e poderão ser próximos de valores já presentes na sua vida. A falta de análise dos valores e de interpretação dos resultados também podem estar relacionados ao que é de costume dos alunos. Guisasola et al. (2015) observa que muitos estudantes de física geral em universidades aprendem a resolver exercícios numéricos de diferentes tipos, mas em geral são incapazes de explicar o significado das suas próprias soluções. Acreditamos que o mesmo ocorra em outros níveis de ensino. Isto reflete a falta de prática, tanto por parte do aluno quanto por parte do professor, que não realça a importância de tal prática em suas aulas. Desta forma, os alunos podem não estar acostumados a analisar valores e a interpretar resultados.

Acreditamos que a falta de preparação para as atividades (problemas abertos) dos encontros 2 e 3, contribuiu para as distrações dos alunos durante as atividades. Afirmamos isso pois pensamos que os alunos não entenderam o solicitado e devido aos grupos as distrações com conversas alheias às atividades ficaram favorecidas. Ao não entender, os alunos perderam rapidamente o interesse. Reforçamos aqui que estas atividades, com a devida preparação, podem propiciar todos os benefícios citados nos trabalhos das áreas de resolução de problemas e problemas abertos.

Por último, acreditamos que a pouca experiência do estagiário em sala de aula contribuiu significativamente para que as atividades não acontecessem como esperado. Mais experiência na condução de atividades com os alunos será fundamental tanto para a construção de planos mais assertivos, como para a execução destes.

5.2 ESTÁGIO D

Aqui eu faço apenas uma análise, com base nas áreas temáticas deste trabalho, de algumas respostas dos alunos aos dois problemas da avaliação no último dia de estágio. Como

já mencionado, a questão 1 foi a seguinte: Qual é a quantidade de calor necessária para transformar em vapor um cubo de gelo? Dados: $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, $L_F = 80 \text{ cal/g}$, $L_V = 540 \text{ cal/g}$.

Analisemos agora algumas resoluções dos alunos dessa questão. Lembro que foi solicitado aos alunos que justificassem os passos da resolução.

Questão 1, aluno 1 (figura 1): O aluno justificou os passos da resolução com um texto e também com uma ilustração, na qual ele identificou as temperaturas onde ocorrem as mudanças de estado, ajudando a atribuir um valor coerente para a temperatura inicial do gelo. Ele identificou corretamente as etapas, identificou a necessidade de atribuir valores iniciais para a temperatura e a massa do gelo. A lista com as grandezas e seus valores juntamente com as fórmulas escritas no topo da página contribuem para uma resolução organizada e com menos erros. Dos itens presentes na estratégia para a resolução de problemas apresentada anteriormente na seção 3.1.3, praticamente apenas os três últimos itens não podem ser identificados com clareza na resolução, justamente os três menos usuais para os alunos.

Questão 1, aluno 2 (figura 2): Do ponto de vista da Resolução de Problemas, nota-se que os passos iniciais foram feitos adequadamente, como a lista com os valores de algumas constantes, a identificação da incógnita considerando o calor sensível e o calor para a mudança de estado e a ilustração com as etapas ocorridas durante todo o processo. Por qual motivo ele não prosseguiu com a resolução? O professor deve trabalhar situações com os alunos em que a resposta seja construída passo a passo. Nem sempre temos em mente todos os passos necessários logo no começo. Talvez não seja a situação neste caso, pois o aluno não chegou a escrever as fórmulas matemáticas, que são simples e seria o próximo passo da resolução. Visualizar o conjunto de fórmulas válidas para o fenômeno ajuda na compreensão deste. Como as fórmulas não foram escritas não se pode perceber se o caráter aberto da questão causou dificuldades.

FORMULAS

$$L = \frac{Q}{m} \quad Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

calor latente calor sensível

1- $c_g = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
 $c_a = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
 $L_f = 80 \text{ cal/g}$
 $L_v = 540 \text{ cal/g}$
 $m = 10 \text{ g}$
 $T_{\text{gelo}} = -10^\circ\text{C}$
 $T_{\text{fusão}} = 0^\circ\text{C}$
 $T_{\text{água}} = 0^\circ\text{C}$
 $T_{\text{vapor}} = 100^\circ\text{C}$

2- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$
 $Q = 0,5 \cdot 10 \cdot (0 - (-10))$
 $Q = 5 \cdot 10$
 $Q = 10 \text{ cal}$ 0,7

3- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$
 $Q = 1 \cdot 10 \cdot (100 - 0)$
 $Q = 10 \cdot 100$
 $Q = 1000 \text{ cal}$ 0,9

4- $Q = L \cdot m$
 $Q = 80 \cdot 10$
 $Q = 800 \text{ cal}$ 0,9

5- $Q = L \cdot m$
 $Q = 540 \cdot 10$
 $Q = 5400 \text{ cal}$ 1,2

$Q_T = 10 + 1000 + 800 + 5400 = 7210 \text{ cal}$

R= Para transformar o cubo de gelo em vapor, primeiramente eu calculei o calor sensível necessário para começar a mudança de estado, depois calculei o calor latente necessário para que o gelo derreta e fique totalmente líquido. Depois com eu calculei o calor sensível para que a água atinja a temperatura de mudança de estado e comece a evaporar e por fim calculei o calor latente necessário para que essa água evapore toda.

$4,6 + 0,2$
4,8

gelo $\xrightarrow{0^\circ\text{C}}$ água $\xrightarrow{100^\circ\text{C}}$ vapor

1 2 3 4

$T_{\text{fusão}} = 0^\circ\text{C}$
 $T_{\text{vapor}} = 100^\circ\text{C}$

Figura 1: Resolução da questão 1, aluno 1.

Questão 1, aluno 3 (figura 3): O aluno fez uma lista com algumas grandezas, escreveu as fórmulas necessárias, mas representou o processo como sublimação, para o qual não há uma fórmula. Contraditoriamente ele calculou os calores latente de fusão e de vaporização, mas aplicou as fórmulas de maneira errada, multiplicando 80 (é a massa ou o calor latente de fusão?) pelos calores específicos sensíveis do gelo e da água para depois somá-los. Não considerou a necessidade de elevar a temperatura da água de zero a cem graus Celsius, se limitando às mudanças de estado. Embora tenha identificado a incógnita, pensou no processo mais complicado, não trabalhou metodicamente na aplicação das fórmulas e não analisou a resposta para verificar as unidades.

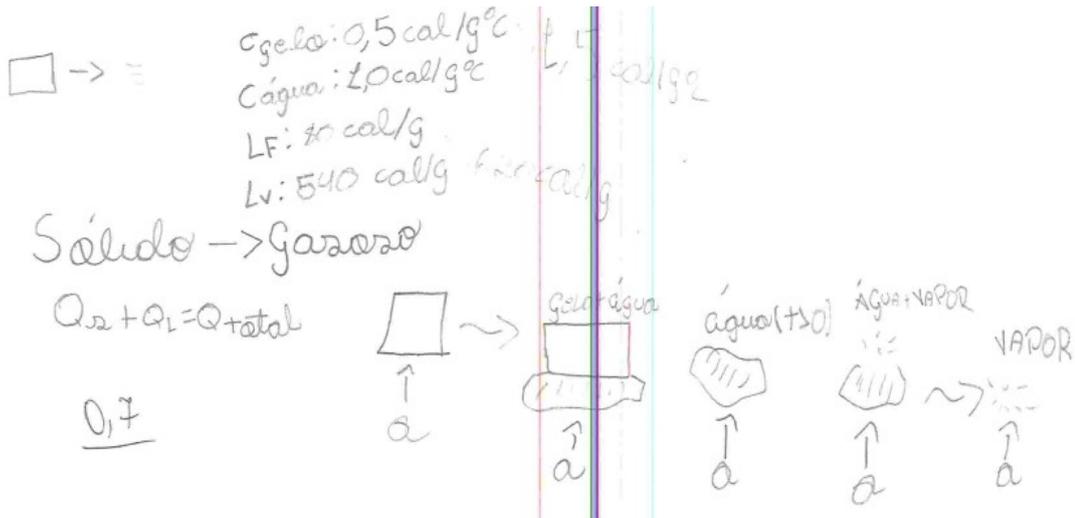


Figura 2: Resolução da questão 1, aluno 2.

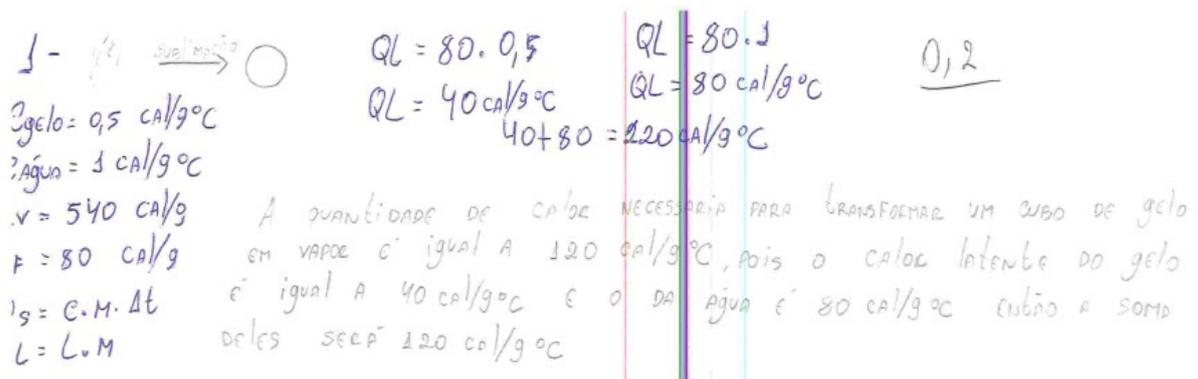


Figura 3: Resolução da questão 1, aluno 3.

Questão 1, aluno 4 (figura 4): Esta resolução e, portanto, a análise é parecida com a do aluno 1, apenas a incluí aqui para mostrar que uma análise dos resultados pode ajudar a evitar erros, pois o valor negativo encontrado para a quantidade de calor para elevar a temperatura do gelo de -10 graus Celsius até 0 graus Celsius está errado fisicamente. Este erro também evidencia uma dificuldade de trabalhar com valores negativos em operações matemáticas.

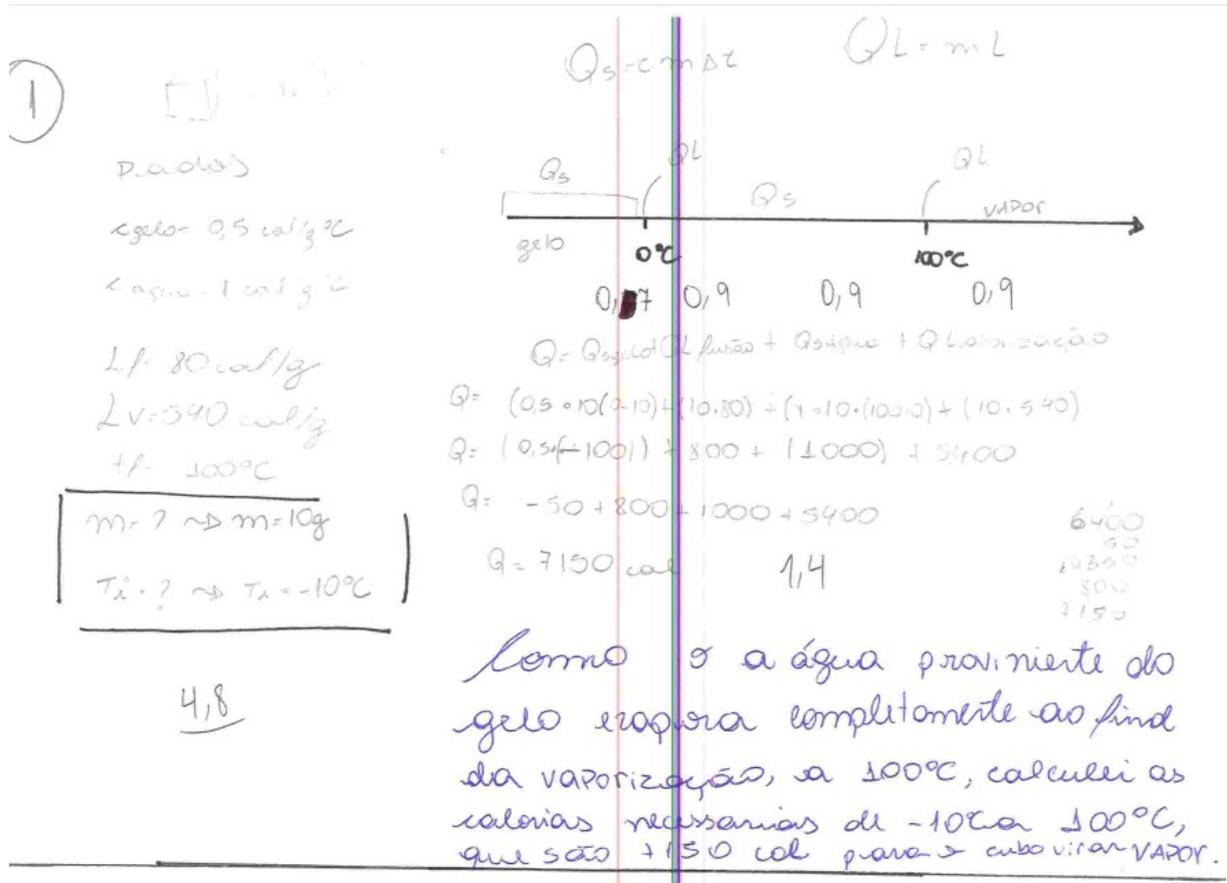


Figura 4: Resolução da questão 1, aluno 4.

Questão 1, aluno 5 (figura 5): O aluno atribuiu um valor para a massa e para a temperatura inicial do gelo, escreveu a fórmula para o calor sensível corretamente apenas para a primeira parte e considerou também o calor latente no cálculo para as duas mudanças de estado. No entanto, não se atentou às unidades, usou kg para a massa e o calor específico em gramas e não considerou a massa no cálculo dos calores latente. Também não considerou o aumento de temperatura da água no estado líquido. Se tivesse feito uma ilustração para o entendimento completo do problema, escrito todas as fórmulas e feito as alterações das unidades, como recomendado pela estratégia da seção 3.1.3, talvez os erros teriam sido evitados.

1) $0 = m \cdot c \cdot \Delta T$

\downarrow \downarrow \downarrow
 5 $0,5$ 5

$T_{1g} = -5^\circ\text{C}$ $0,6$

$T_{2g} = 0^\circ\text{C}$

$m = 5\text{ kg}$

1) \Rightarrow R: A quantidade de calor necessário para transformar em vapor um cubo de gelo é $632,5\text{ cal/g}$

$Q = Q_s + Q_L$

$Q = 12,5 + 80,6$

$Q = 92,5\text{ cal/g}$

$540 + 92,5 =$

$632,5 \rightarrow 0,5$ 1,3

Figura 5: Resolução da questão 1, aluno 5.

Passemos agora à questão 2: Em um experimento, o aquecimento de um corpo de um dado material, inicialmente em estado sólido, produziu a curva de aquecimento representada no gráfico da figura 6. Com base no gráfico, responda: a) O que ocorre em cada trecho do gráfico? b) Quais são os valores dos calores específicos e latente deste material?

Este problema pode ser trabalhado como o primeiro. A única grandeza desconhecida e necessária é a massa do corpo. Após atribuir um valor para a massa, a resolução segue como se fosse um problema tradicional. Vejamos algumas resoluções.

Questão 2, aluno 6 (figura 7): Há vários erros nesta resolução. De fato, existe uma mudança de estado, mas o aluno declarou que o corpo cedeu calor e que ao mesmo tempo a sua temperatura aumentou. A cada trecho do gráfico ele atribuiu uma mudança de estado, associou calor específico com mudanças de estado e atribuiu valores para as quantidades que deveriam ter sido calculadas sem aparentes justificativas. Em relação às áreas temáticas, podemos elencar principalmente que não houve um trabalho metódico e que o aluno não sabe o sentido físico das grandezas, inclusive das apresentadas no gráfico. A estratégia da seção 3.1.3 seria de grande ajuda a este aluno. Por fim, talvez o fato de ter sido necessário fornecer

valores na questão 1 para algumas quantidades, causou confusão no aluno sobre quais grandezas deveriam ter sido calculadas na questão 2. Este ponto precisa ser mais trabalhado com os alunos.

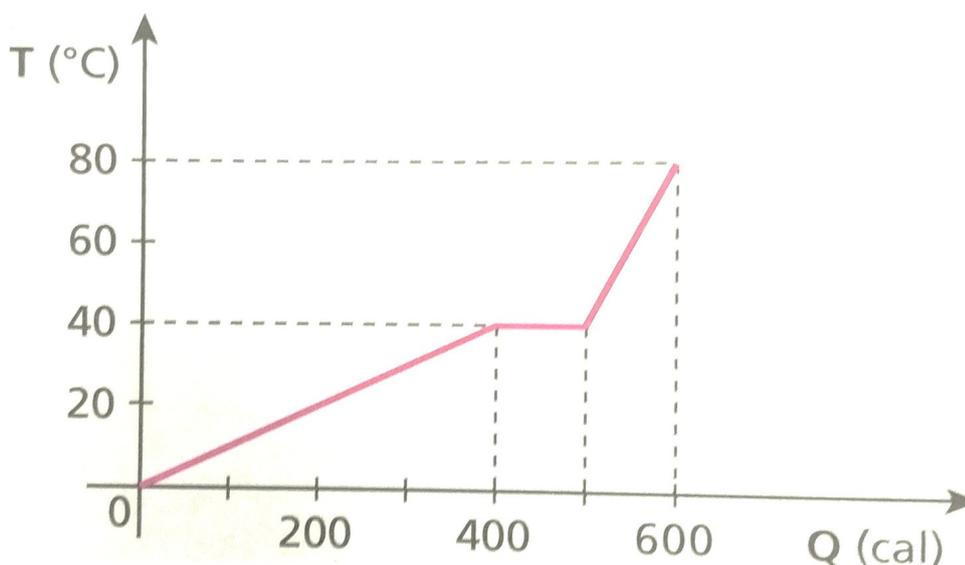


Figura 6: Gráfico da questão 2. (FONTE: Física – volume 2 (Ensino Médio) Newton, Helou, Gualter, p. 66, 2010)

Questão 2, aluno 7 (figura 8): Este aluno identificou corretamente as retas inclinadas com apenas um estado da matéria e a reta horizontal com uma mudança de estado, mas não considerou que o estado inicial mencionado no enunciado era o estado sólido, demonstrando que uma leitura atenta do enunciado é importante. Uma coisa que pode ser percebida aqui, e em várias outras resoluções, é a confusão com os diferentes usos da palavra calor (calor, calor sensível, calor específico, calor latente, calor trocado em uma transição). Aqui entra o ponto de saber o significado físico das grandezas mas com um complicador a mais, pois vários termos usam a mesma palavra. Podemos perceber que o aluno usou como calor específico e como calor latente leituras do gráfico. Ainda houve a leitura errada do que ele considerou como calor latente, pois o tomou como 200 cal, correspondendo aos trechos que englobam o que ele indicou como “vaporização” e “gasoso”. Isto demonstra falta de trabalhar metodicamente, pois inicialmente o aluno separou os trechos corretamente.

- a) no gráfico está ocorrendo uma mudança de estado ~~onde~~ onde ele cede calor e ao mesmo tempo aumenta a sua temperatura para a mudança acontecer.
 $0,0 + 0,0 + 0,5$
- b) na primeira mudança de estado a quantidade de calor específico é igual a $50 \text{ cal/}^\circ\text{C}$, e o calor latente é 400 cal . $0,0$
 no segundo o calor latente é 500 cal , e seu calor específico é $25 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ $0,0$
 na terceira mudança de estado o seu calor específico é $70,6$ e o seu calor latente é 600 cal . $0,0$

Figura 7: Resolução da questão 2, aluno 6.

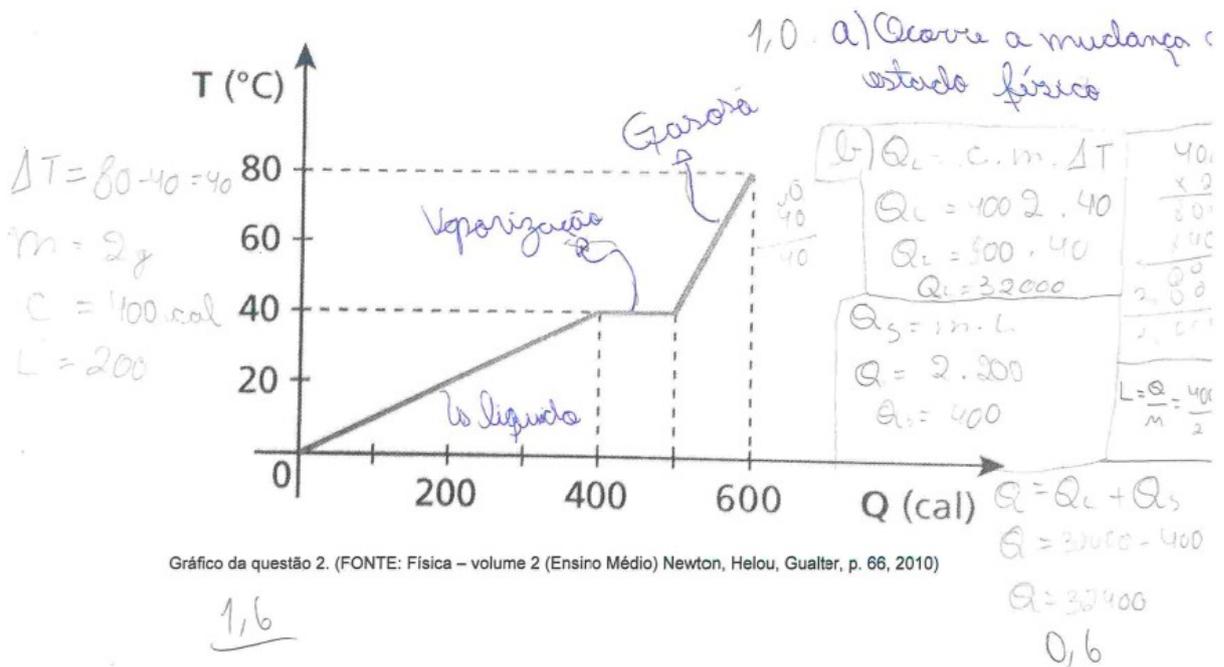


Figura 8: Resolução da questão 2, aluno 7.

Questão 2, aluno 8 (figura 9): Nesta resolução faltou apenas calcular o calor específico do líquido, mas todo o resto foi bem feito, como uma descrição do que ocorre de acordo com o gráfico, uma lista com os dados, a escrita das equações, os cálculos, e inclusive a leitura do gráfico. Resta enfatizar que cada estado da matéria possui um calor específico diferente.

2. a) Na primeira parte do gráfico está subindo a temperatura até ela chegar na temperatura de fusão ou seja Q_s , já na segunda parte do gráfico a temperatura se mantém constante porém as calorias ainda aumentam, então está representando a quantidade de calorias necessárias para mudar do estado sólido para o líquido, também chamado de Q_L . Na terceira parte é Q_s novamente, que dessa vez irá posteriormente subir até a temperatura de vaporização. $0,5 + 1,0 + 0,5$

b) b) $Q_s = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow c = \frac{Q}{m \Delta T}$ $c = \frac{400}{10 \cdot 10} \rightarrow c = \frac{400}{100} \rightarrow c = 4 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$
 $1,0$

dados: $m = 10\text{g}$
 $Q_L = 500 - 400 = 100 \text{ cal}$
 $Q_L = L \cdot m \rightarrow L = \frac{Q_L}{m}$ $L = \frac{100}{10} \rightarrow L = 10 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$ $1,0$

Figura 9: Resolução da questão 2, aluno 8.

Questão 2, aluno 9 (figura 10): Aqui vemos vários problemas. O aluno não entendeu o solicitado, apenas descreveu os dados presentes no gráfico mas não soube relacionar com os estados da matéria e com mudanças de estado. No item (b) apenas atribuiu um valor para o calor específico sem justificativa. Podemos pensar principalmente nas seguintes justificativas para o baixo desempenho do aluno: não identificação da incógnita, má interpretação do problema ou não entendimento da matéria estudada no momento, e não possuir uma imagem completa do problema.

Questão 2, aluno 10 (figura 11): Vemos inicialmente uma relação correta do comportamento das curvas com os estados físicos da matéria, porém em seguida é mencionado que entre zero e quarenta graus Celsius a matéria está em mistura de sólido e líquido, o que é uma contradição. Esta contradição poderia ter sido resolvida através de uma análise crítica. O cálculo do calor específico foi feito corretamente, mas a quantidade de calor usada no cálculo do calor latente está errada, demonstrando uma má leitura do gráfico. Faltou também associar um calor específico para o último trecho do gráfico, como observado já em outra resolução.

2- a) No começo do gráfico a temperatura e calor aumentam. Assim que sua temperatura se estabiliza, seu calor aumenta de 400cal a 500cal. Assim que sua temperatura volta a se elevar, esta vai de 40°C para 50°C, enquanto seu calor se eleva de 500cal para 600cal

→ de 0°C a 40°C
→ de 0cal a 400cal

b) $c = 100^\circ\text{C/cal}$
 $c_L =$

$0,0 + 0,0 + 0,5$

0 5

Figura 10: Resolução da questão 2, aluno 9.

Em geral, as mesmas dificuldades já discutidas na análise do Estágio C na seção 5.1 puderam ser observadas aqui. Como a discussão seria praticamente a mesma ela não será feita novamente, apenas adiciono o fato de que os resultados, incluindo os parciais, não são analisados pelos alunos. Esta análise é fundamental, ajuda a descobrir possíveis erros e conecta a matéria com o mundo real.

2- a) Nos trechos em que a temperatura está subindo, é porque a determinada matéria está em um estado sólido, como líquido por exemplo. Nos trechos em que a temperatura se mantém é quando está em processo de mudança, como por ex água + vapor.

- Do 0 ao 40 está sólido + líquido 0,25
- Quando chega ao 40 Fica completamente líquido 0,5
- Do 40 ao 80 se mantém em líquido + Vapor 0,25
- Depois do 80 não sabemos se evapora totalmente ou se continua em Transição por que não mostra.

b) $c = ?$ $L = ?$

$$Q = 400 - 0 = 400 \text{ cal}$$

$$\Delta T = 40 - 0 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 10 \text{ g}$$

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \rightarrow \frac{400}{10 \cdot 40} = \frac{400}{400} = 1$$

$$\boxed{c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}} \quad 1,0$$

$$L = \frac{Q}{m} \rightarrow \frac{400}{10} = 40 \Rightarrow \boxed{L = 40 \text{ cal/g}} \quad 0,7$$

Justificativas:

Coloquei as fórmulas necessárias para resolução de cada uma das questões e fiz a substituição (estipulei a massa)

Figura 11: Resolução da questão 2, aluno 10.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas abertos, como os propostos neste trabalho, exigem uma mudança na postura dos professores e dos alunos. Os professores precisam valorizar mais o processo na busca pelo desenvolvimento de um espírito investigativo, motivando e instigando seus alunos. Precisam assumir uma postura favorável ao protagonismo dos estudantes. Os estudantes precisam ser mais ativos nesse processo. Precisam assumir o papel de sujeitos do conhecimento (DELIZOICOV, ANGOTTI & PERNAMBUCO, 2011). Na prática, para que isso ocorra, faz-se necessária uma preparação para se trabalhar este tipo de problema. O professor deve trabalhar em sala de aula a necessidade de identificar o que é preciso para obter uma resposta, de propor valores numéricos para as grandezas, de trabalhar mais com variáveis e ainda deixar de olhar o erro de forma punitiva. “O contexto escolar deveria ser o local por excelência das tentativas próprias de solução de problemas [...] E nessa tarefa os erros, frutos de tentativas de operar com novos conceitos e procedimentos, têm um papel fundamental, posto que a partir de seu exame crítico desenvolve-se o discernimento” (CARVALHO, 1997).

Esse processo de resolução de problemas abertos pode ajudar os alunos no aprendizado teórico, na interpretação das variáveis nas fórmulas matemáticas e de seus significados físicos, no desenvolvimento de habilidades de construções de imagens, como um todo, das situações trabalhadas, na necessidade de analisar os resultados e, por fim, na importância do desenvolvimento de um espírito investigativo. Mesmo alunos que já são bons solucionadores de problemas típicos de livros didáticos tradicionais, que possuem boa prática com fórmulas e valores, podem se beneficiar desse processo, pois, nestes casos, os conhecimentos conceitual e teórico podem ser deficientes. Pensar nas variáveis envolvidas em diferentes situações em vez de receber todas as informações de imediato incentiva o raciocínio. Até o simples fato de atribuir valores numéricos para algumas grandezas promove o julgamento crítico e valores do cotidiano podem ser trabalhados.

A resolução de problemas, principalmente de problemas abertos, pode ser trabalhada pouco a pouco ao longo do ano letivo e em vários momentos, com diversos conteúdos. Assim os estudantes vão criando hábitos e desenvolvendo suas habilidades, enquanto que os professores vão aperfeiçoando suas estratégias e qualificando essa prática. Fatores psicológicos, motivacionais, não considerados nesta pesquisa, também devem ser levados em

conta no planejamento e no processo de ensino-aprendizagem como um todo. A causa dos erros também deve ser investigada.

É importante também trabalhar a resolução de problemas nos cursos de formação de professores. Entre outros benefícios, os novos professores ficam cientes das dificuldades que os seus futuros alunos possam ter.

A resolução de problemas, principalmente os abertos, é pode ser uma ferramenta útil em vários aspectos no processo de ensino-aprendizagem, além de ser de baixo custo material, ou seja, não demanda a presença de grandes recursos, podendo ser trabalhada em qualquer escola. No entanto, as investigações aqui apresentadas precisam ser aprimoradas para se obter mais dos benefícios já mencionados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, Helmi. Problem solving of Newton's second law through a system of total mass motion. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v.15, n.2, article 15, dez. 2014.

BARKOVICH, Mateo; CARREÑO, Alexandra. Un modelo para la distribución de semáforos en una calle como problema integrador en los cursos introductorios de las carreras de Ingeniería. **Latin American Journal of Physics Education**, v.7, n.1, p.63, mar. 2013.

BOY, Filipe Costa Batista; GARCIA, Leticia Silva. A importância de uma plataforma digital como suporte para aplicação da metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 1, n. 2, p. 142-154, 17 dez. 2018.

BRASIL. **Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC. 2006a.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCN+**: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006b.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

CARVALHO, José Sérgio Fonseca de. As noções de erro e fracasso no contexto escolar: algumas considerações preliminares. In: **Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas**. [S.l: s.n.], 1997.

CLEMENT, Luiz; TERRAZZAN, Eduardo A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.7, n.2, p.98-116, 2012.

DELIZOICOV, Demétrio; Angotti, José André; Pernambuco, Marta Maria. **Ensino de Ciências**: Fundamentos e Métodos. 4 ed. São Paulo. Editora Cortez, 2011.

DIAKIDOY, Irene-Anna N.; CONSTANTINOU, Constantinos P. Creativity in physics: Response fluency and task specificity. **Creativity Research Journal**, v.13, p.401-410, out. 2001.

ENGHAG, Margareta; Gustafsson, Peter; Jonsson, Gunnar. Talking Physics during Small-Group Work with Context-Rich Problems - Analysed from an Ownership Perspective. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v.7, n.3, 455-472, 2009.

ERCEG, Nataša; AVIANI, Ivica; Mešic, V. Probing students' critical thinking processes by presenting ill-defined physics problems. **Revista Mexicana de Física E**, v.59, n.1, p.65-76, 2013.

GIL-PÉREZ, Daniel; Martinez-Torregrosa, Joaquín. **La resolución de problemas de Física: una didáctica alternativa**. Madrid/Barcelona, Ediciones Vicens-Vives, 1987.

GIL-PÉREZ, Daniel; DUMAS-CARRÉ, Andrée; CAILLOT, Michel; MARTINEZ-TORREGROSA, Joaquín; RAMÍREZ-CASTRO, Lorenzo. La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. **Investigación em la Escuela**, n.6, p.3-20, 1988.

GIL-PÉREZ, Daniel et al. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.1, p.7-19, jan. 1992.

GUISASOLA, Jenaro et al. Resolver ejercicios no es fácil. El papel de la metodología científica en la resolución de problemas de física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v.37, n.3, p.3508-1-3508-5, set. 2015.

HUNSCHE, Sandra; AULER, Décio. O professor no processo de construção de currículos: desafios no estágio curricular supervisionado em ensino de física. **Revista Eletrônica de Enseñanza de Las Ciencias**, v.11, n.1, p.1-20, 2012.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1987. p.232-233.

LABURÚ, Carlos Eduardo. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multivocal e univocal. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.8, n.3, p.231-256, 2003.

MORAES, Viviane Rodrigues Alves de; Taziri, Jennifer. A motivação e o engajamento de alunos em uma atividade na abordagem do ensino de ciências por investigação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.24, n.2, p.72-89, 2019.

OLIVEIRA, Vagner; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v.39, n.3, e3402, 2017.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Sobre a resolução de problemas no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.14, n.3, p.229-253, jan. 1997.

PIZZOLATO, Nicola; FAZIO, Claudio; MINEO, Rosa Maria Sperandeo; ADORNO, Dominique Persano. Open-inquiry driven overcoming of epistemological difficulties in engineering undergraduates: A case study in the context of thermal science. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v.10, 010107, 2014.

ROBINSON, A. W. Don't just stand there—teach Fermi problems!. **Physics Education**, v.43, n.1, p.83-87, 2008.

ROSA, Paulo R. S.; MOREIRA, Marco A.; BUCHWEITZ, Bernardo. Alunos bons solucionadores de problemas de Física: caracterização a partir de um questionário para análise de entrevistas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.14, n.2, p.94-100, 1992.

APÊNDICE A – Plano de unidade aplicado durante o Estágio C.

Professor estagiário: Ubiratã José Furtado

PLANO DE UNIDADE A SER APLICADO NA ESCOLA COMO PARTE DA DISCIPLINA ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM ENSINO DE FÍSICA C

Escola: Colégio de Aplicação

Disciplina: Física

Tema: Máquinas térmicas e ciclo de Carnot

Série: 2º ano do Ensino médio

1. DISTRIBUIÇÃO DE AULAS

Encontros	Descrição dos momentos	Tempo
Encontro 1 (2 aulas)	<p>Conteúdos e momentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação do estágio, do tema, da avaliação e do esperado que os alunos saibam ao final do estágio: identificar um processo cíclico e um ciclo de Carnot; identificar processos reversíveis e irreversíveis; noção sobre o conceito de entropia; máquinas térmicas; resolver problemas envolvendo máquinas térmicas e o ciclo de Carnot; 2. Processos cíclicos: aula expositiva dialogada de revisão sobre processos cíclicos; 3. Ciclo de Carnot: aula expositiva dialogada sobre ciclo de Carnot, com o auxílio do livro; 4. Processos reversíveis e irreversíveis e entropia: aula expositiva dialogada. Experimento: feijões de diferentes tipos em uma caixa. <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificação de processos cíclicos e do ciclo de Carnot; • Identificação de processos reversíveis e irreversíveis; • Noção sobre o conceito de entropia. <p>Descrição:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Na primeira parte, será relembrado o conceito de processo 	<p>10 min</p> <p>25 min</p> <p>20 min</p> <p>35 min</p>

	<p>cíclico em gráficos P x V e os alunos serão questionados onde há tais processos na natureza para fazer a relação;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Na segunda parte, aula expositiva sobre o ciclo de Carnot com o auxílio do livro; • Terceira parte: esta parte inicia com a discussão sobre o que são processos reversíveis e irreversíveis. Em seguida, os alunos serão solicitados para fazer o seguinte experimento: coloca-se feijões de diferentes tipos, organizados por tipo, em uma caixa. Chacoalha-se a caixa e observa-se a posição dos feijões. É então solicitado para que os alunos façam o movimento na ordem inversa para ver se os feijões retornam às posições iniciais. Após o experimento, segue-se uma aula expositiva dialogada, relacionando o experimento aos conceitos de processos reversíveis e irreversíveis e de entropia, com o auxílio do livro, e a identificação de tais processos na natureza. Passar tarefa (em anexo) para ser feita para o dia 24/10/2019. Dúvidas podem ser tiradas no dia 18/10/2019. 	
<p>Encontro 2 (2 aulas)</p>	<p>Conteúdos e momentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Discussão sobre a tarefa; 2. Problema aberto para os alunos resolverem em grupos: construa teoricamente um motor a base d'água e de vapor d'água; 3. Discussão sobre as propostas e identificação de possíveis perdas de rendimento. <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificação das dificuldades na tarefa; • Desenvolver as habilidades dos alunos na resolução de problemas. <p>Descrição:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Na primeira parte os alunos serão questionados sobre as dificuldades na resolução da tarefa. Apenas dúvidas serão tiradas. • No segundo momento, será solicitado que os alunos, em grupos de até quatro, construam teoricamente um motor a base d'água vapor d'água; Os grupos não poderão usar o livro. A atividade será orientada pelo professor estagiário conforme o anexo; • Na terceira parte, será discutido as propostas. 	<p>20 min 30 min 40 min</p>
<p>Encontro 3 (2 aulas)</p>	<p>Conteúdos e momentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Discussão sobre a tarefa; 2. Problema aberto para os alunos resolverem em grupos: construa teoricamente uma geladeira a base d'água e de vapor d'água; 	<p>20 min 30 min</p>

	<p>3. Discussão sobre as propostas e identificação de possíveis perdas de rendimento.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificação das dificuldades na tarefa; • Desenvolver as habilidades dos alunos na resolução de problemas. <p>Descrição:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Na primeira parte os alunos serão questionados sobre as dificuldades na resolução da tarefa. Apenas dúvidas serão tiradas. • No segundo momento, será solicitado que os alunos, em grupos de até quatro, construam teoricamente um motor a base d'água vapor d'água; Os grupos não poderão usar o livro. A atividade será orientada pelo professor estagiário conforme o anexo; • Na terceira parte, será discutido as propostas. 	40 min
	<p>Comentários gerais e relação com os artigos:</p> <p>A construção de máquinas térmicas, como apresentada nos encontros 2 e 3, constitui um problema aberto, ou seja, há uma situação em que o solucionador não é guiado diretamente para a resposta. Durante as resoluções de problemas, os alunos não serão apresentados diretamente a um roteiro para a resolução dos problemas, eles serão incentivados a pensar por si mesmos. Acredito assim que habilidades para a resolução de problemas possam ser melhor desenvolvidas. Roteiros podem ser úteis na resolução de problemas, mas a intuição também deve ser trabalhada. Os problemas trabalhados serão o mais aberto possível e, quando necessário, interferirei auxiliando os alunos de acordo com a sua dificuldade. Cabe ressaltar aqui que, como já dito por Clement e Terrazzan, Peduzzi (CLEMENT, 2012; PEDUZZI, 1997; GUIASOLA, 2015), etc, que algumas situações podem se constituir em problemas para alguns e em exercícios para outros. Desta forma, o meu auxílio será fundamental para o avanço em direção aos objetivos.</p> <p>O processo de modelização também será trabalhado, embora em um nível inferior, procurando proporcionar aos alunos uma relação entre o tema estudado e o mundo real, sendo também um fator motivacional.</p>	

2. ANEXOS (APÊNDICE A)

Tarefa do encontro 1, para ser feita para o dia 24/10/2019. Dúvidas podem ser tiradas no dia 18/10/2019. Responda com as suas próprias palavras.

Problema 1: Qual é o máximo rendimento que uma máquina térmica, operando em um ciclo de Carnot e com temperatura quente $T_1=400\text{K}$, pode ter? Forneça valores ao final.

Problema 2: Construa o gráfico $P \times V$ descrito a seguir e dê o nome da transformação ocorrida em cada etapa. Forneça valores ao final.

- a) do ponto A ao ponto B, acontece uma expansão isotérmica.
- b) do ponto B ao ponto C, acontece um aumento de pressão, enquanto o volume permanece constante.
- c) do ponto C ao ponto D, o volume diminui e a temperatura permanece constante.
- d) do ponto D ao ponto A, acontece um diminuição de volume à pressão constante.

Problema 3: O que caracteriza uma transformação cíclica?

Problema 4: Como podemos saber se um gás, após uma transformação cíclica, recebeu ou realizou trabalho? Como podemos calcular o valor desse trabalho, caso exista?

Problema 5: Qual é o trabalho realizado por um gás que opera um ciclo de Carnot? Forneça valores ao final.

Problema 6: Qual é a variação de entropia em um ciclo de Carnot? Forneça valores ao final.

Orientações para o encontro 2: Após dividir a turma em grupos de até quatro alunos, será solicitado para que cada grupo construa teoricamente um motor a base d'água vapor d'água. Os grupos não poderão usar o livro. Os alunos terão que pensar em transformações termodinâmicas e mudanças de estado, estas últimas já estudadas anteriormente, e construir um ciclo onde haja um trabalho positivo realizado pelo vapor. Inicialmente, caso necessário, eu ajudarei os grupos para pensarem em como o vapor pode realizar trabalho. Após essa parte ser atingida, os alunos terão que pensar em como fazer o vapor voltar ao local inicial e com a mesma temperatura, para iniciar novamente o ciclo. Será solicitado também para que identifiquem cada etapa com uma transformação termodinâmica.

Orientações para o encontro 3: Será solicitado para que cada grupo do encontro anterior construa teoricamente uma geladeira a base d'água vapor d'água. Os grupos não poderão usar o livro. Os alunos terão que pensar em transformações termodinâmicas e mudanças de estado, estas últimas já estudadas anteriormente, e construir um ciclo onde seja retirado calor de um ambiente. Inicialmente, caso necessário, eu ajudarei os grupos para pensarem em como é possível extrair calor de um ambiente usando vapor. Após essa parte ser atingida, os alunos terão que pensar em como fazer o vapor voltar ao local inicial e com a mesma temperatura, para iniciar novamente o ciclo. Será solicitado também para que identifiquem cada etapa com uma transformação termodinâmica.

3. REFERÊNCIAS (APÊNDICE A)

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Sobre a resolução de problemas no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 14, n. 3, p. 229-253, jan. 1997. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6982>>. Acesso em: 20 maio 2019. doi:<https://doi.org/10.5007/0x>.

GUISASOLA, Jenaro et al. Resolver ejercicios no es fácil. El papel de la metodología científica en la resolución de problemas de física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 3508-1-3508-5, sept. 2015. Disponible en <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172015000300508&lng=es&nrm=iso>. accedido en 20 mayo 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173731969>.

CLEMENT, Luiz. TERRAZZAN, E. A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.7, No. 2, p. 98-116, 2012. Disponível em <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID185/v7_n2_a2012.pdf>.

VÁLIO, A. B. M. et al. **Ser Protagonista: Física 2**. Edições SM Ltda. 3ª edição, 2016.