



PRODUTO EDUCACIONAL

As leis da Termodinâmica com abordagem da Modelagem Científica de Mario Bunge e uma sequência de Ciclos de Modelagens de David Hestenes desenvolvida em uma turma do ensino médio da cidade de Acopiara

Maria Gêssica da Silva

Juazeiro do Norte – CE, 2019

APRESENTAÇÃO

O presente material visa oferecer um subsídio norteador para professores de Ciências/Física que tenham interesse em inserir em seu planejamento a abordagem da modelagem científica. Esta abordagem é defendida pelo epistemólogo Mario Bunge. A modelagem científica busca facilitar o estudo de fenômenos físicos que permeiam a natureza. Conceitos como referente, objeto-modelo, modelo-teórico fazer parte desta teoria. Desta forma pretendemos oferecer, neste caderno pedagógico, uma proposta de ensino de ciência que contemple a modelagem científica. Adaptamos uma sequência de ensino baseado na proposta da Instrução por Modelagem do autor David Hestenes. Assim este material tem a finalidade de descrever as etapas desta sequência de ensino, apresentar de forma breve alguns aspectos destes referenciais. Na oportunidade descrevemos alguns resultados obtidos na realização de uma experiência de ensino que tivemos em uma escola pública estadual do município de Acopiara, CE. É fundamental dizer que a autora deste material é professora da instituição e trabalha com turmas do ensino médio lecionando a componente física. A discussão deste material são resultados de um estudo mais amplo de mestrado no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) referente ao Polo 31 localizado na Universidade Regional do Cariri – URCA. Como será visto os estudantes escolheram compreender o funcionamento do motor de uma moto principalmente porque era um transporte muito popular na região. Representaram, por meio de um modelo pictórico, o que sabiam sobre esta tecnologia e na sequência, com a mediação da professora, apropriaram-se de teorias do campo da Termodinâmica. Desta forma convidamos o leitor para fazer parte desta experiência.

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	03
2 ENTENDEMO UM POUCO SOBRE A MODELAGEM CIENTÍFICA E A INSTRUÇÃO POR MODELAGEM.....	04
2.1 A modelagem científica na visão de Mario Bunge.....	04
2.2 A instrução por Modelagem de David Hestenes: modelos representacionais e modelos conceituais.....	05
2.3 Sequência de ensino seguindo da Instrução por Modelagem de Hestenes.	06
2.3.1 Desenvolvimento do modelo.....	06
2.3.2 Aplicação do modelo: discussão de problemas selecionados vinculado a estrutura sistêmica do modelo conceitual dos estudantes	08
3 PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO DE FÍSICA BASEADA NA INSTRUÇÃO POR MODELAGEM.....	09
4 RELATO DE EXPERIÊNCIA DE AULAS DE FÍSICA CONSIDERANDO A ABORDAGEM DA INSTRUÇÃO POR MODELAGEM EM UMA ESCOLA PÚBLICA DA CIDADE DE ACOPIARA.....	12
4. 1 Análise e interpretação de cada uma das etapas da sequência de modelagem.	13
4.1.1 Descrevendo sobre a Discussão do tema.....	13
4.1.2 Descrevendo a etapa de Sessão de Laboratório de investigação.....	15
4.1.3 Descrevendo a etapa de Sessão de Whiteboard.....	16
4.1.4 Descrevendo a etapa de Resolução colaborativa.....	18
4.1.5 Descrevendo a nova etapa de Sessão de Whiteboard.....	20
4.1.6 Descrevendo a etapa da Avaliação.....	23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
ALGUMAS REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

A modelagem científica é bastante considerada no ensino de Física, pois está associada à compreensão dos fenômenos reais. Mario Bunge (2017) defende a modelagem científica para o estudo e compreensão da natureza. Este autor discute os significados conceituais desta teoria acerca de um objeto-modelo e um modelo teórico. Para ele um *modelo teórico* é um objeto hipotético-dedutivo que diz respeito a um *objeto-modelo* que, de acordo com ele, pode ser uma representação esquematizada de um fenômeno físico, que pode ser uma situação real ou fictícia. Este pensador afirma que a modelagem científica pode ser considerada como uma maneira de criar modelos que possa aproximar uma situação ideal de uma real servindo de meio para auxiliar a compreensão dos alunos por meio de assimilação.

Neste material de apoio buscamos descrever a experiência do desenvolvimento de aprendizagens das leis da Termodinâmica usando a abordagem da *Instrução por Modelagem* focando um ciclo de modelagem efetivada em uma turma do Ensino Médio de uma escola pública estadual do município de Acopiara (região Centro Sul do Ceará). A estratégia integra com ações fundamentais:

- exploração de modelos representacionais dos estudantes, acerca das Leis da Termodinâmica buscando associar conceitos físicos com fenômenos práticos (como exemplo particular, centramos na compreensão de um motor a combustão interna de uma moto);
- Apresentação de uma proposta de sequência de ensino para promover o estudo de conhecimentos científicos por trás do funcionamento do motor à combustão de uma moto baseada na abordagem dos *Ciclos de Modelagens proposta por David Hestenes*;

Na sequência discutimos brevemente aspectos teóricos sobre a abordagem da modelagem científica de Mario Bunge e a sequência de ensino de “*Instrução por Modelagem*” proposta por David Hestenes. Em seguida, apresentamos uma sugestão adaptada de uma sequência de ensino para aulas de ciências centradas na instrução por modelagem escolhendo a área da Termodinâmica. Contamos um breve relato de uma experiência real que usou esta estratégia com uma turma do ensino médio de uma escola pública de Acopiara-CE.

2 ENTENDEMO UM POUCO SOBRE A MODELAGEM CIENTÍFICA E A INSTRUÇÃO POR MODELAGEM

2.1 A modelagem científica na visão de Mario Bunge

Bunge (2007) afirma que a finalidade do trabalho com modelo é a tentativa de se eliminar complexidades reais. Para ele esta abordagem serve de busca para soluções mais precisas e que possam ser mais fáceis de interpretar. Por exemplo, uma forma de investigação de problemas mais complexos (interpretamos que a modelagem é uma estratégia usualmente usada no contexto da física para melhor entendimento de um fenômeno a partir de seu recorte).

Bunge (2017) em seu livro “*Teoria e Realidade*” fornece um exemplo interessante sobre a compreensão de um “modelo teórico”. Ele ensina que não basta representar um líquido como uma rede de moléculas ou mesmo o cérebro como uma rede de neurônios, mas defende que é preciso fazer uma descrição detalhada sobre seu funcionamento seguindo as leis gerais que as definem. Seguindo este procedimento ele propõe que se comece elaborando um do *objeto-modelo* que ele define como um *modelo teórico* da realidade. É neste sentido que ele entende que quanto mais se exige fidelidade a um objeto real isso leva ao comprometimento da necessidade de complicação dos modelos teóricos.

O que seria então um *objeto-modelo* para Mario Bunge? Ele interpreta como sendo uma representação de um objeto real ou imaginário, que pode ser um objeto perceptível ou imperceptível podendo ser esquematizado a este objeto. Ele diz que este objeto pode ser uma coisa ou um fato (BUNGE, 2017). Bunge (2017) afirma que um objeto-modelo, mesmo depois de aperfeiçoado (entendemos com sendo isolado da natureza), não servirá muito, a não ser se for encaixado em uma conjuntura de ideias em que seja possível estabelecer relações dedutivas. O autor afirma que toda representação esquemática de um objeto pode ser chamada de *objeto-modelo* afirmando que se o objeto representado for algo concreto seu modelo é entendido como sendo uma idealização do mesmo.

Mario Bunge ressalta que esta representação pode ser pictórica, por exemplo, por meio de um desenho, ou mesmo conceitual, neste caso, por exemplo, uma fórmula

conceitual. No processo de representação Bunge diz que o objeto-modelo pode deixar escapar certos traços de seus referentes (ele atribui este termo aos fenômenos ou objeto da realidade) que pode possuir aspectos da imaginação capturando somente de forma aproximada relações entre os aspectos que ele incorpora.

Bunge (2017) afirma que um objeto, ou algo, pode ser representado esquematicamente por meio de um desenho (que pode ser um desenho animado) para representar um modelo concreto deste objeto. Para ele esta esquematização será parcial devido desconsiderar certas propriedades dos objetos reais que não necessitam serem representadas. Ele ainda afirma que um mesmo objeto poderá ser representado de várias formas a depender de nossa imaginação, mas dificilmente um objeto-modelo pode variar porque eles devem fazer parte das teorias científicas. Segundo ele o objeto-modelo está relacionado com a evolução do conhecimento, desta forma não sendo possível sofrer variação arbitrariamente.

Bunge (2017) descreve que todo modelo teórico é parcial e aproximado porque ele apreende somente uma parte das particularidades do objeto que está sendo representado. Afirma o autor que os objetos-modelo e os objetos teóricos tratam de objetos reais, mas, de acordo com ele, é responsabilidade do experimentador comprovar a semelhante suposição da realidade feita. Ele entende que nenhuma outra forma revelou ser melhor sucedido com método para a possibilidade da apreensão da realidade.

A seguir apresentamos uma proposta de apoio didático para o trabalho com modelagem científica, *a instrução por modelagem* defendida por David Hestenes. Reiteramos que esta proposta serviu de embasamento para elaboração de uma proposta de sequência didática para o desenvolvimento de uma experiência real de ensino em uma turma do 2º ano de uma escola pública.

2.2 A instrução por Modelagem de David Hestenes: modelos representacionais e modelos conceituais

Os modelos conceituais seria para Hestenes (2006) os que são representados externamente por sistemas simbólicos. Por exemplo, no caso particular da física um conceito desta área é representado em geral por um símbolo observável (atribuindo forma e significado). Por exemplo, o aturo exemplifica com o conceito de força na física

que é simbolizado pela equação $F = m.a$ representando a forma matemática que engloba os significados da Segunda Lei de Newton.

Hestenes (2006) define *um modelo conceitual* como um constructo em que seu referente (entendido como um objeto da realidade) é pensado como uma construção simbólica. Um modelo conceitual é produzido então quando é possível uma codificação da estrutura de um modelo representacional através de um sistema simbólico. Este modelo é visível e pode ser manipulado (HESTENES, 2010, SOUZA; SANTOS, 2017).

A abordagem da *Instrução por Modelagem* centra na elaboração e aplicação de modelos conceituais de fenômenos físicos para apoiar o processo de ensino e aprendizagem de ciências. Nesta perspectiva os alunos são estimulados a argumentarem sobre os conhecimentos científicos. Neste processo os estudantes são convidados a investigarem um fenômeno para construírem uma representação (um modelo). Estes modelos podem perpassar conhecimentos das leis gerais da física e que ultrapassem o nível conceitual dos mesmos (ERIC BREWE, 2008).

2.3 Sequência de ensino seguindo da Instrução por Modelagem de Hestenes

Hestenes (2010) diz que o ciclo de modelagem pode ser construído em duas etapas: uma de desenvolvimento do modelo e outra de aplicação. Resumidamente ele afirma que as fases do trabalho com modelagem são: *(i) a construção; (ii) análise; (iii) validação; e (iv) aplicação do modelo*. Para ele a sequência didática para elaboração de um modelo (sequência de ensino para aulas de ciências) pode seguir as seguintes etapas: discussão do tema; laboratório de investigação; Sessão de whiteboard; aplicação do Modelo; resolução colaborativa; Nova Sessão de whiteboard e avaliação. Abaixo apresentamos um detalhamento das etapas propostas pelo autor.

2.3.1 Desenvolvimento do modelo

2.3.1.1 Discussão do tema

Nesse tema, segundo o autor, poderá surgir de várias formas, por exemplo: de um experimento, situações problemas, simulações, situações fenomenológica do cotidiano. De acordo com Hestenes (2010) a discussão e negociação do tema devem estar relacionada a uma teoria científica. Ele sugere que se identifiquem as seguintes estruturas do modelo: sistêmica; geométrica; descritiva; interação e temporal. Segundo Souza e Rozal (2016) o termo “tema” pode sugerir diversas possibilidades para a

sequência do ciclo de modelagem. Para eles, pode ser uma situação do cotidiano, ou uma notícia de jornal, um experimento, uma simulação computacional, um vídeo, um problema aberto, construção de artefatos etc. Afirmam estes autores que pode também partir de uma determinada curiosidade dos estudantes ou mesmo uma situação interessante que parta de seu interesse. Neste sentido, a escolha do objeto de estudo, neste trabalho de dissertação, se deu pelo grande interesse dos estudantes em buscar entender, como funcionam o motor de uma moto, explorando quais as leis da Física que estão por trás desta tecnologia. Reafirmamos que a maioria dos estudantes utiliza este transporte bastante comum em seu dia a dia. O conteúdo de física para a compreensão do motor da moto está relacionado com o campo da Termodinâmica, as Leis que regem o estudo da energia e do rendimento de uma máquina. Toda explanação conceitual sobre este assunto está descrito no capítulo 4 desta dissertação.

2.3.1.2 Laboratório de investigação

Etapla proposta para encontrar grandezas científicas que englobam o fenômeno que farão parte do modelo conceitual. Momento que David Hestenes sugere a divisão da turma em grupos colaborativos (entre três e cinco membros). Etapa de incentivo dos estudantes para procedimentos e pesquisas em várias fontes e que se usem diferentes inscrições simbólicas, tais como: verbal, escrita, algébrica, diagramática e gráfica, na tentativa de propor respostas para as questões de modelagem.

2.3.1.3 Sessão de whiteboard

Nesta fase o autor sugere o trabalho com miniquadros brancos para incentivar a socialização de experiências e resultados de pesquisa dos estudantes. Os quadros brancos são usados para representação dos modelos conceituais construídos pelos estudantes. Nesta ocasião os mesmos terão espaço para explicar o desenvolvimento de seu modelo e trata-se de um momento interessante para socializarem suas construções e pensamentos.

Hestenes afirma que o professor, nesta etapa, cumpre o papel de orientador e norteador do discurso dos estudantes em relação ao enquadramento de seus argumentos ao discurso científico. Souza e Santo (2017) salientam que “*os estudantes associem seus modelos representacionais às inscrições simbólicas ao interpretá-las cientificamente em meio a explicações, justificativas e previsões*” (ibid., p. 34). Estes autores afirmam

que esta etapa pode ajudar na reformulação, renegociação de modelos representacionais dos estudantes que são incompatíveis com o conhecimento científico trabalhado.

2.3.2 Aplicação do modelo: discussão de problemas selecionados vinculados à estrutura sistêmica do modelo conceitual dos estudantes

2.3.2.1 Resolução colaborativa

Esta fase é para incentivar os estudantes a elaborarem relatórios escritos e desenvolvam o pensamento crítico no momento de resolução de problemas.

2.3.2.2 Nova Sessão de whiteboard

Momento de realização de outra seção de apresentação da resolução de problemas de aplicação em que os grupos devem organizar suas respostas para posterior socialização com os outros participantes buscando justificar seus procedimentos e pensamentos. Novamente o professor mantém seu papel de orientador. (HESTENES, 2010).

2.3.2.3 Avaliação

A avaliação, segundo Hestenes (2010), deve ser baseada em um processo formativo e de busca das aprendizagens dos estudantes, pensada durante todo processo de modelagem.

Souza e Rozal (2016) enfatizam que a abordagem por meio da Instrução por Modelagem é uma maneira de fazer com que os estudantes possam articular seus modelos representacionais com modelos conceituais (científicos) neste processo de construção, validação e aplicação de modelos. Reiteram que os estudantes são orientados a atuarem em grupos colaborativos e são estimulados a socializarem seu pensamento através de argumentações científicas e o professor, sempre ajudando no processo de pesquisa organizando as ações inerentes aos ciclos de modelagens (esta é uma orientação relevante sobre o estímulo ao trabalho em equipe que buscamos valorizar no processo de intervenção feita em uma sala de aula de física como pode ser conferido no capítulo 5 de análise e discussão dos dados). Os quadros brancos, segundo os autores, são usados para representar sinteticamente as ideias dos alunos.

3 PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO DE FÍSICA BASEADA NA INSTRUÇÃO POR MODELAGEM

Neste material de apoio didático apresentamos uma proposta de uma sequência de ensino particularmente para auxiliar as aulas sobre tópicos da Termodinâmica por meio da inserção da abordagem da modelagem didático científica. Propomos um tempo de intervenção de aproximadamente 15h aulas de 50 minutos, mas perfeitamente pode sofrer ajustes, adaptações necessárias para atender cada particularidade do contexto escolar e da singularidade de cada turma do ensino médio ou mesmo do ensino fundamental.

Em linhas gerais a sequência atende as etapas:

- **Etapa I:** *discussão do tema* - o uso de um questionário para explorar os conhecimentos dos estudantes sobre conceitos básicos da Termodinâmica.
- **Etapa II:** *Laboratório de Investigação* – momento de formação de equipes onde os alunos devem ser incentivados a desenharem um modelo representacional representativo sobre como acham que funcionam um motor à combustão de uma moto (momento de exploração dos saberes existentes dos estudantes). Nesta etapa é importante que o professor elabore uma aula expositiva usando tecnologias digitais para apresentar conceitos da Termodinâmica.
- **Etapa III:** *sessão de Whiteboard* – Uso de pequenos quadros brancos ou cartolinas para ser entregue a cada grupo para os estudantes imprimirem suas produções sobre um modelo representacional acerca do funcionamento do motor de uma moto (desenhos, mapas e etc.).
- **Etapa IV:** *resolução colaborativa* – proporcionar atividades de casa, exercícios do próprio livro didático. Nesta etapa é sugerido que se realize pesquisa na internet.
- **Etapa V:** *nova sessão de Whiteboard* - Usando outra cartolina, os estudantes devem elaborar um modelo conceitual na tentativa de revelarmos a apropriação de aprendizagens. Nesta etapa deve ser

promovida uma socialização de resultados e discussões conceituais da Termodinâmica com toda turma.

- **Etapa V: avaliação** – investigar o desempenho dos alunos e a percepção da evolução de cada um. E ainda a avaliação de cada equipe sobre a sequência desenvolvida.

No quadro 01 abaixo procuramos detalhar melhor as etapas seguidas da sequência de ensino. Apresentamos a proposta de atividades que podem ser realizadas em cada momento de aula.

Desenvolvimento do modelo	
Etapa I: Discussão do tema	
1º e 2º aulas	
• Identificar os conhecimentos prévios dos alunos através de um questionário que irá abordar temas de Termodinâmica; • instigar a curiosidade dos alunos por meio de uma situação fenomenológica do cotidiano, o funcionamento do motor da moto. Com isso espera-se obter subsidio para a aula seguinte.	
Etapa II: Laboratório de investigação	
3ºe 4º aulas	
• dividir a turma em grupos de seis pessoas; • entregar cadernos de campo, para as anotações da equipe; • Entrega de quadro branco para cada grupo para a produção de um modelo representacional sobre o funcionamento do motor de uma moto;	
Etapa III: sessão de Whiteboard	
5º aula e 6º aulas	
• Apresentação das produções dos estudantes de seus modelos representacionais	
7º e 8º aulas	
• Aula expondo os conceitos termodinâmicos dos livros com diversos tipos de procedimentos e pesquisas tais como: Leitura de texto do livro GREEF, mídia visual e escrita no caderno de campo; • O aluno nesta etapa busca aprofundar aspectos teóricos sobre o campo da Termodinâmica para fundamentar cientificamente sobre o funcionamento do motor;	

Aplicação do modelo
Etapa IV: Resolução colaborativa
9º, 10º e 11º aulas
• Discussões de exercícios do livro; • Atividades para os estudantes fazerem em casa; • uso da internet;
Etapa V: nova sessão de Whiteboard
12º, 13º e 14º aulas
• elaboração de um modelo conceitual na tentativa de revelarmos a apropriação de aprendizagens; • O professor neste momento atuará como orientador, e os alunos farão um debate para defender o seu modelo de motor usando os conhecimentos adquiridos nas aulas e mais uma vez o quadro para ajudar a visualização de cada modelo • os alunos irão desenhar novamente e explicar o modelo do motor, mostrando o que entenderam; • socialização dos resultados das produções dos estudantes associando agora com os conceitos vistos anteriormente; • o professor atuando como mediador; • Discussão de todas as dúvidas e conceituações dos discentes, fazendo assim as correções necessárias.
Etapa V: avaliação
15º aula
• avaliação será feita através da observação de cada etapa do desenvolvimento dos alunos, com base nos modelos do motor, nos relatórios e no debate • avaliação feita pelos estudantes sobre a experiência vivenciada.

4 RELATO DE EXPERIÊNCIA DE AULAS DE FÍSICA CONSIDERANDO A ABORDAGEM DA INSTRUÇÃO POR MODELAGEM EM UMA ESCOLA PÚBLICA DA CIDADE DE ACOPIARA

A escola onde desenvolvemos a intervenção é uma escola pública estadual do município de Acopiara. A escola está localizada no centro da cidade e ainda possui três extensões ou unidades anexas na zona rural. A autora trabalha na escola sede e em um desses anexos distantes cerca de 40 km da sede. Uma análise em seu Projeto Político Pedagógico (PPP) revela que a instituição escolar cumpre o papel de ensinar e formar cidadãos. Em relação à infraestrutura na escola sede conta com área total de 3.072m². Possui 12 salas de aula, 01 Centro de Multimeios, 01 sala de Vídeo, 03 laboratórios de Ciências que integra as componentes Física, Química e Biologia, 02 laboratórios de Informática, 01 auditório, 01 secretaria, 01 sala da coordenação escolar, 01 sala da direção, 01 sala de professores, 01 almoxarifado, 01 cantina, 01 anfiteatro, 06 banheiros, estacionamento, 01 academia ao ar livre, pátio coberto, 01 despensa, 01 quadra de esporte coberta, corredores com rampas para atender as exigências de acessibilidade de pessoas portadoras de necessidades especiais-PNE e, ainda, tem toda sua área protegida por grades em seu entorno. (PPP, pag. 4). Essa escola é da rede regular de ensino, onde se trabalha diversos projetos entre eles Núcleo de Trabalho, Pesquisa e Práticas Sociais (NTPPS), que funciona de acordo com alguns planos, contemplando não só a formação social do discente, mas também o desenvolvimento de pesquisas, incentivando os alunos a serem pesquisadores. A matrícula no ano de 2018 foi de 1.308 18 (ano da de realização da intervenção). No ano de 2019 encontra-se matriculados cerca de 1.527 alunos distribuídos em 38 turmas, conta-se com o numero significativo de 71 professores, todos formados em suas respectivas áreas de atuação.

A escolha para explorar o motor de uma moto partiu dos próprios estudantes justificada por ser uma tecnologia comumente presente em seu cotidiano (muitos deles usam a moto como meio de transporte para vir até a escola). Um fato importante é que o pensar o conteúdo (Termodinâmica) para a intervenção pedagógica foi realizada levando em consideração o conteúdo que os alunos estavam estudando no programa estabelecido para a série.

4. 1 Análise e interpretação de cada uma das etapas da sequência de modelagem

Realizamos a intervenção em uma turma de 2º ano, de aproximadamente 45 estudantes, a realização aconteceu no período do quarto e último bimestre do ano de 2018. É importante dizer que o desenvolvimento ação da sequência didática se deu durante o período de 28/11 de 2018 e 03/01 do ano de 2019. No total foram 15 aulas de 50 min e o foco foi o estudo da Termodinâmica relacionado com a perspectiva da modelagem científica. As 15 aulas foram fundamentais para uma melhor abordagem da estratégia diferenciada (seis aulas por semana, dentre elas duas são de Física e quatro de Núcleo de Trabalho, Pesquisa e Práticas Sociais reservadas para o desenvolvimento de projetos diferenciados).

4.1.1 Descrevendo sobre a Discussão do tema

Na primeira aula dia 28/11/2018, inicialmente foi solicitado aos alunos que respondessem um questionário inicial sem identificação, já que a ideia é selecionar as principais dificuldades conceituais dos discentes acerca da Termodinâmica. Na ocasião os mesmos precisavam demonstrar sua opinião sobre alguns conceitos de Termodinâmica (temperatura, energia térmica, conservação de energia, processos reversíveis e irreversíveis, rendimentos de uma máquina).

Descrevemos algumas respostas: Com relação à questão sobre o entendimento do **conceito de energia térmica** reservamos alguns recortes para discussão e análise neste trabalho, vejamos: Estudante A: “*a temperatura do nosso corpo*”. Estudante B: “*é a temperatura que um corpo sente*”. Estudante C: “*é quando está quente*”. Estudante D: “*é a temperatura de alguma coisa, quando o tempo está quente*”. Estudante E: “*é a energia transferida entre dois corpos ou mais*”.

Apesar dos estudantes já terem tido a oportunidade de estudar esse conceito em aulas anteriores suas respostas revelam ainda dificuldades de compreensão de um conceito não fácil de entender que é o de energia térmica (o conceito de energia térmica, assim como o de temperatura, já foi estudado nos primeiros dias de aula, especulamos que, por isso, apareceram várias respostas parecidas com a definição científica. Entretanto nem todos os alunos conseguiram recordar do assunto, com isso algumas respostas se distanciaram do caráter científico permanecendo concepções resistentes de seu senso comum). A maioria, como pode ser visto, associa energia térmica como sendo

a temperatura que um corpo possui. Uma minoria dos estudantes, como em uma das respostas acima, entendia o energia térmica como uma forma de fluxo de energia.

Em relação as suas concepções sobre o significado da **conservação da energia** a unanimamente os estudantes relacionavam com formas de economia da energia elétrica, isso pode ser notado no fragmento abaixo: Estudante A: “*é energia parada, sem uso*”. Estudante B: “*é uma forma de guardar energia, assim como as placas solares*”. Estudante C: “*é um local que a energia fica concentrada por um tempo*”. Estudante D: “*é uma maneira de não gastar energia sem precisão*”.

Podemos perceber que os estudantes apresentavam dificuldades de compreensão de um conceito elementar da física que é o “princípio da conservação”. As respostas dos estudantes a questão mostra veementemente a necessidade de inserirmos uma estratégia didática alternativa para problematizarmos conceitos fundamentais. Com a proposta aqui defendida acreditamos que pensar as teorias da física por meio da problematização do que seja a realidade (um referente), um objeto modelo, um modelo conceitual pode, de alguma forma, ajudar a compreensão dos estudantes acerca destes conceitos da Termodinâmica.

Acerca do entendimento sobre processos **reversíveis e irreversíveis** unanimamente compreendiam como sendo algo que podem ser desfeitos e algo que não podem ser desfeito, respectivamente. Vejamos algumas respostas:

Estudantes A: “*São fontes que não acabam*”.

Estudante B: “*reversíveis é quando consegue e irreversíveis é quando não consegue*”.

Estudante C: “*reversível é aquilo que pode mudar e irreversível é o que não pode mudar*”.

A maioria das respostas a esta questão foram simplistas e objetivas, por exemplo: “*são coisas que podem ser reversíveis e irreversíveis*”. Como pode ser percebido os estudantes traziam conhecimentos limitados sobre estes conceitos por ainda não terem tido a oportunidade de um maior estudo em séries anteriores.

O **rendimento da máquina** foi um conceito em que os estudantes forneceram explicações próximas à linguagem científica. Para alguns estudantes o rendimento de uma máquina era entendido como sendo até onde esta máquina poderia funcionar ou a

quantidade de energia que cada máquina precisa para funcionar. Citamos algumas respostas: “*uma máquina que produz bem*” (Estudante F); “*a máquina que trabalha melhor*” (Estudante G); “*fazer com que a máquina continue rendendo*” (Estudante H).

Questionamos sobre **a possibilidade de se converter energia de um corpo totalmente em trabalho**. A metade dos estudantes respondeu que era possível transformar toda energia recebida de uma fonte em trabalho útil. Outra metade discordava, dentre estes uma estudante exemplificou. Ela fez uma analogia com o próprio afirmando que a energia oriunda dos alimentos que consumimos não era totalmente convertida em atividades diárias (andar; falar; pensar; gesticular). . Foi um assunto que despertou muitas dúvidas, como pode ser percebido em algumas respostas abaixo: Estudante H: “*sim, através da alimentação conseguimos energia e assim obtemos energia para gastar com trabalho*”. Estudante L: “*sim, com energia se trabalha mais.*”

Percebemos nas respostas dos estudantes acima que apresentavam dúvidas acerca da relação entre energia e trabalho. Alguns estudantes associavam estes conceitos com as funções corporais, por exemplo, o corpo gasta energia realizando atividades motoras e com outras funções do nosso corpo.

4.1.2 Descrevendo a etapa de Sessão de Laboratório de investigação

Nesta etapa de desenvolvimento da sequência, dia 28/11/2018, foi feito a divisão das equipes, onde os alunos se agruparam por afinidade formando sete equipes de seis pessoas. Após esse momento apresentamos, aos estudantes o tema: Termodinâmica. Na oportunidade, para além de aspectos conceituais, também contextualizamos o conteúdo com abordagem da história da ciência (não de maneira profunda, devido o tempo limitado para um maior aprofundamento desta abordagem). Iniciamos discutindo brevemente sobre a história das máquinas a vapor culminando para apresentar um pouco sobre o desenvolvimento dos motores a combustão centrando particularmente para o entendimento do funcionamento do motor da moto (de forma superficial, apenas para introdução da atividade da sessão de whiteboard).

Buscamos explorar concepções dos estudantes sobre o que sabiam acerca do funcionamento do motor da moto que eles comumente usavam como transporte. Percebemos que foi um assunto motivador. Eles logo ficaram bastante empolgados

fazendo diversas perguntas (ex. *o que acontece dentro do motor? Por que esquenta tanto o cano da moto? E se acabar a gasolina um dia?*).

Após a discursão com os alunos sobre o tema abordado, foi entregue a cada equipe um kit com um caderno de campo, um pincel e uma cartolina. Conforme a estratégia sobre modelagem didática científica proposta por David Hestenes essa etapa deveria ser feita com pequenos quadros brancos. Ao procurarmos adquirir vários quadros brancos deparamo-nos com a dificuldade de encontra-los na cidade de Acopiara tendo que encomendar a produção que tinha um custo elevado. Desta maneira resolvemos usar cartolinas brancas, material mais acessível.

5.1.3 Descrevendo a etapa de Sessão de Whiteboard

Como atividade desta etapa sugerimos que elaborassem um modelo representacional na cartolina para imprimirem uma representação do que entendiam sobre o funcionamento desta tecnologia e os fenômenos físicos possíveis em seu entorno. Foi um momento de muita concentração dos estudantes e conversas entre eles. O nosso papel foi mediar, orientar e escutar todos. É importante dizer que alguns dos alunos trabalham ou já trabalharam em uma oficina mecânica de motos socializando experiência com os colegas do grupo. Foi um momento interessante, pois alguns destes alunos em aulas anteriores não participavam da aula, ficavam calados e esta oportunidade socializaram seus saberes com seus colegas participando bastante.

Foi pedido aos alunos que desenhasssem uma representação de como pensavam o funcionamento de um motor a combustão interna de uma moto. Pedimos também que fosse possível eles apontar a estrutura de um motor, partes essenciais necessários para o efetivo funcionamento. Foi uma situação didática em que todos tiveram curiosidade. Alguns desejavam rapidamente pesquisar na internet por meios de seus celulares, mas neste primeiro momento recomendamos que pudessem expor suas ideias sem ainda investigar em livros e sites. Nas figuras 1a e 1b podemos perceber um momento de trabalho e um dos grupos.

a)



b)



Figura 1:a) e b) Grupo de estudantes trabalhando na construção de um modelo representacional sobre o funcionamento de um motor a combustão interna de uma moto.

Alguns alunos tiveram menos dificuldade, pois tinham experiência em oficina e conheciam a parte interna do motor, entretanto a maioria só conseguiu desenhar a parte externa do motor que era como eles estavam acostumados a ver.

Na figura 2 abaixo registramos um momento em que um dos membros da equipe que tem experiência da mecânica de motos explica aos seus colegas e a professora algumas partes da estrutura de um motor.



Figura 2: A construção de um modelo representacional por estudantes que possuem experiência de mecânica de motos em seu cotidiano.

Duas aulas de 50 min cada não foi suficiente para os estudantes produzissem seus modelos (isso foi no dia 28 de novembro de 2018). Estavam todos envolvidos e queriam realizar a atividade. Observamos que antes de produzirem seus desenhos existia um momento de muita interação e negociação entre cada membro da equipe, buscando um consenso sobre a representação do motor. Tivemos que negociar com a professora da aula seguinte para usarmos sua aula para que os estudantes pudessem finalizar a atividade. A aula foi concedida e eles tiveram um maior tempo para tarefa. Pudemos perceber que quando os estudantes estão focados em um trabalho que eles têm interesse o tempo de aula parece ser curto, a aula é produtiva, a interação é intensa. A concentração de todos foi uma experiência valiosa de desenvolvimento de aprendizagens. A todo instante passávamos em cada uma das equipes para observar suas construções e dialogar com os grupos. Nas figuras 3a, 3b e 3c pode ser visto esses momentos de interação.

a)



b)



c)



Figura 3: (a, b e c) Momentos de interação entre os estudantes e a professora na elaboração dos mapas mentais.

Sugerimos que os estudantes, além de fazerem seus desenhos, pudessem pintar. Em muitas escutas, percebemos que a maioria tinha dificuldade de entender o que realmente acontecia dentro de um motor. Ouvimos alguns estudantes dizerem que queriam entender como funcionava o motor afirmando que iriam pesquisar na internet depois da aula.

Disponibilizamos nas figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 a seguir todos os desenhos das equipes que mostram uma representação acerca do funcionamento de um motor de uma moto antes deles terem a oportunidade de discussão teórica.

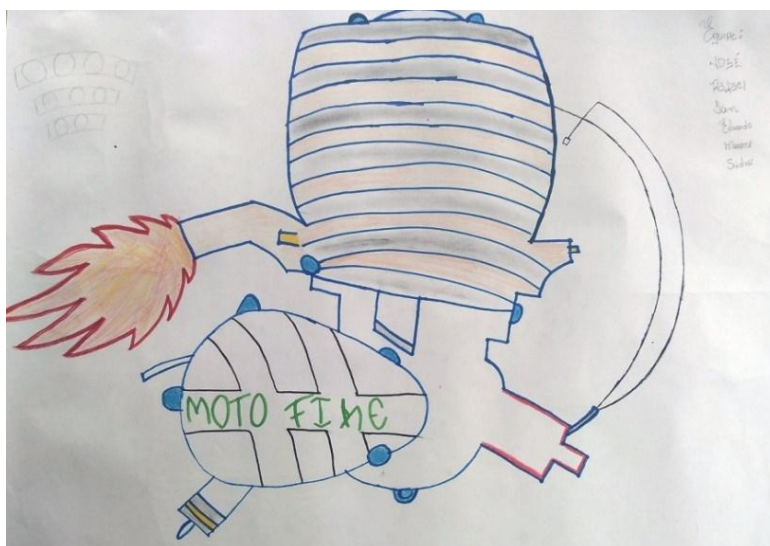


Figura 4: Representação do funcionamento de um motor de uma moto produzido pela equipe 01.

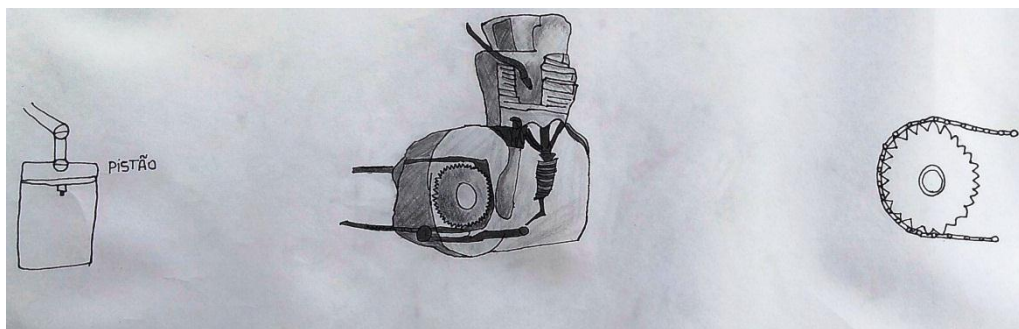


Figura 5: Representação do funcionamento de um motor de uma moto produzido pela equipe 02.

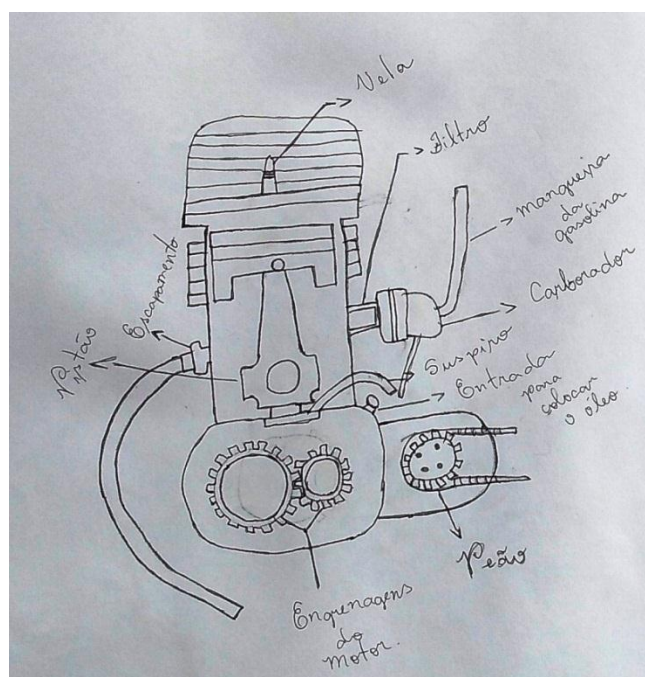


Figura 6: Representação do funcionamento de um motor de uma moto produzido pela equipe 03.

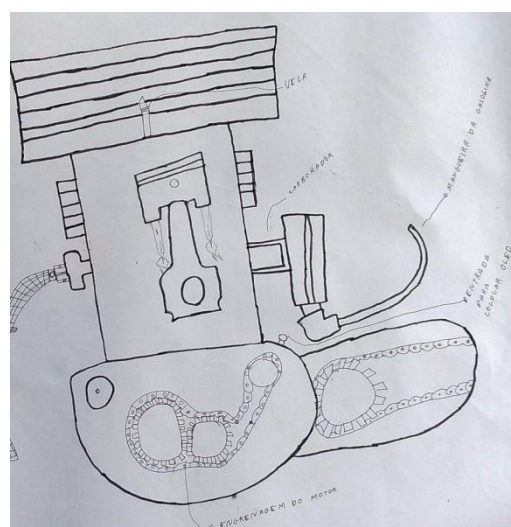


Figura 7: Representação do funcionamento de um motor de uma moto produzido pela equipe 04.

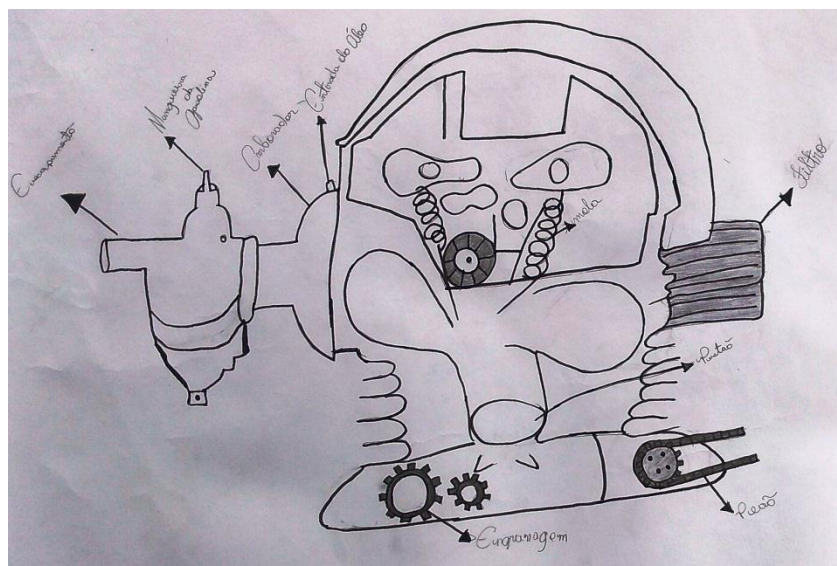


Figura 8: Representação do funcionamento de um motor de uma moto produzido pela equipe 05.



Figura 9: Representação do funcionamento de um motor de uma moto produzido pela equipe 06.



Figura 10: Representação do funcionamento de um motor de uma moto produzido pela equipe 07.

Percebemos que as equipes 01 e 06 tiveram uma representação mais limitada sobre o funcionamento do motor. Estas equipes centraram nas partes mais externas do motor. As equipes 02, 03, 04 e 05 produziram uma representação mais completa de partes externas e internas do motor denominando algumas estruturas (ex. pistão, engrenagens, velas). As equipes 03, 04 e 05 atentaram para a necessidade do uso do óleo no interior do motor. E a equipe 07 se aproximou dos conhecimentos que iríamos abordar, já que desenhou o motor completo com a fonte quente, e a fonte fria e ao ligar realiza-se trabalho. Todas as representações evidenciam que os estudantes já possuem certo conhecimento sobre o funcionamento do motor por ser um dispositivo comumente presente em seu dia a dia.

Como afirma Bunge (2017) um objeto (no nosso caso o motor de uma moto) pode ser representado por meio de um desenho resultando em uma representação do objeto concreto. O autor alerta que esta representação não é fiel ao mundo real, mas um esquema parcial. Como vimos os estudantes destacaram seus modelos representacionais na tentativa de representar o que compreendiam sobre o motor de uma moto.

5.1.4 Descrevendo a etapa de Resolução colaborativa

Após a finalização da atividade de construção dos modelos representacionais sobre o funcionamento do motor de uma moto, na aula seguinte, solicitamos que os grupos pudessem socializar suas produções (aulas no dia 03/12/2018). Os estudantes demonstraram certa inquietação neste momento, pois não tinham o hábito de seminários, tinham certa resistência para falar para toda turma, na frente. Enfrentaram o desafio e explicaram seus desenhos. As explicações foram bem objetivas onde puderam socializar seus desenhos sem muitos aprofundamentos

No dia 04/12/2018 iniciamos uma discussão teórica sobre a Termodinâmica (usando a sequência de slides que pode ser conferido no Apêndice C). Percebemos que durante as aulas expositivas muitos estudantes ficavam dispersos, não se concentravam. Entendemos que quando era uma aula em que eles eram os protagonistas na busca do conhecimento, ao invés de serem passivos em que o professor transmite a informação, demonstravam mais interesse. Mas entendemos que era necessário apresentar alguns conceitos fundamentais sobre a Termodinâmica e aspectos históricos desta área.

Buscamos, para atrair os estudantes, inserir outros recursos digitais (vídeos, animações) na intenção de cativar atenção dos mesmos. Nestas aulas teóricas discutimos os conceitos de realização de trabalho, quantidade de energia térmica e energia interna, sempre relacionando os conceitos físicos com o funcionamento do motor. Esta ligação de um assunto bastante teórico com um fenômeno real provocou interesse dos estudantes.

Persistia, entre a maioria dos estudantes, uma dúvida acerca do princípio da conservação da energia, pois não conseguiam entender que ela se transformava e não podia surgir do “nada”. Como estratégia, retomamos o exemplo do funcionamento do corpo humano que necessita usar a energia dos alimentos para gerar energia para desenvolvermos as nossas atividades. Esta analogia ajudou a facilitar o entendimento sobre o princípio de conservação da energia na natureza.

No dia 20/12/2018 continuamos com as aulas teórico-expositivas. Desta vez discutindo os conceitos de reversibilidade e irreversibilidade. Na ocasião, os estudantes assistiram a um vídeo bastante curioso. O vídeo mostravam fenômenos cotidianos que aconteciam de forma invertida, ou seja, as coisas aconteciam de trás para frente. Nesta aula apresentamos a segunda lei da Termodinâmica e o funcionamento do motor de quatro tempos, que é o tipo de motor usado nas motos que os alunos têm maior contato.

Nesta aula surgiram diversas dúvidas sobre qual o nome das peças que compõem os motores. Por exemplo, a maioria desconhecia o componente chamado de biela (peça que tem a função de transformar um movimento retilíneo em movimento circular contínuo. Ele é conectado ao pistão em sua parte maior e ao virabrequim em sua parte menor, assim, converte o movimento de sobe e desce do pistão em movimento rotativo que é transmitido para as rodas). Ouvimos de alguns estudantes que até conheciam a expressão “bater a biela” em seu cotidiano, mas não sabiam que era uma parte fundamental do motor. Sobrou um pouco de tempo no final da aula, então aproveitei para orientar a leitura de um texto do livro Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREEF) (ver fragmentos do texto na figura 11 a seguir). A orientação é que pudessem ler e apontar algumas curiosidades no texto. O texto foi entregue para cada um dos estudantes para levarem para fazerem leitura em casa e discussão na aula seguinte.

Entrevistando um mecânico...

Você pode dar uma de jornalista e fazer algumas perguntas ao técnico, tais como:



- 01) Quais as partes essenciais de um motor?
- 02) Como funciona um motor de quatro tempos? E de dois tempos?
- 03) Quais as diferenças entre um motor a álcool e a gasolina? E a diesel?
- 04) O que é cilindrada do motor?

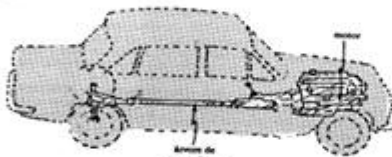
Você já sabe que OS AUTOMÓVEIS, ÔNIBUS OU CAMINHÕES SÃO MOVIDOS POR MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA; MAS, JÁ VIU UM DELES INTERNAMENTE?

Uma maneira de conhecer um motor por dentro é visitar uma oficina mecânica e fazer uma entrevista com o mecânico.

Certamente ele vai lhe mostrar partes dos motores, acessórios, e falar sobre a função de cada um. Depois dessa discussão com o técnico, fica mais fácil "descobrir" os princípios físicos em que se baseia esta máquina térmica.

0 motor a combustão.

Os motores são formados por um bloco de ferro ou alumínio fundidos que contém câmaras de combustão onde estão os cilindros, nos quais se movem pistões. Cada pistão está articulado ao virabrequim através de uma biela. A biela é a peça que transforma o movimento de vai e vem dos pistões em rotação do virabrequim. O virabrequim ao girar faz com que o movimento chegue até as rodas através do sistema de transmissão do carro.



Os motores diferem pela quantidade de cilindros e quanto ao ciclo de funcionamento, 2 tempos ou 4 tempos onde cada pistão trabalha num ciclo se constituindo numa máquina térmica.

COMO É PRODUZIDO O MOVIMENTO?

Nos motores a álcool ou gasolina a produção de movimento começa pela queima de combustível nas câmaras de combustão. Essas câmaras contêm um cilindro, duas válvulas (uma de admissão e outra de escape) e uma vela de ignição. O pistão que se move no interior do cilindro é acoplado a uma biela que se articula com o virabrequim como mostra a figura.



- 1- válvula de admissão.
- 2- válvula de escape.
- 3- pistão.
- 4- cilindro.
- 5- biela.

Num motor a 4 tempos quando o pistão desce no cilindro devido ao giro do virabrequim, a válvula de admissão se abre, e uma mistura de ar e combustível é injetada no cilindro. Com o movimento de subida do pistão o combustível é comprimido. Quando a compressão é máxima a vela de ignição solta uma faísca que explode o combustível jogando o pistão para baixo. A válvula de escape é então aberta permitindo que os gases queimados escapem para o meio ambiente.



No motor de 2 tempos a aspiração e compressão do combustível ocorrem enquanto o pistão sobe e a explosão e a exaustão acontecem durante a descida do pistão.

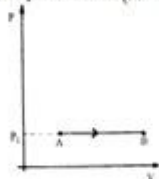
Num ciclo completo do pistão é realizado trabalho só quando ocorre a explosão do combustível. Esse trabalho é medido em **Joule** que é a unidade de energia no sistema internacional de medida.

As variações de pressão e volume sofridas pela mistura combustível em cada etapa são representadas a seguir:

Étapas de um motor a quatro tempos.

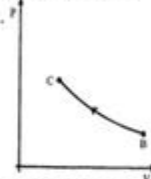
01) Admissão da mistura: 1º tempo.

Abertura da válvula de admissão: enquanto o volume do gás aumenta, a pressão fica praticamente constante - transformação isobárica (A → B):



02) Compressão da mistura: 2º tempo.

Enquanto o volume diminui, a pressão e a temperatura aumentam. Como o processo é muito rápido, não há trocas de calor com o ambiente - transformação adiabática (B → C):



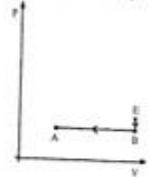
03) Explosão da mistura: 3º tempo.

O volume do gás fica praticamente constante, e ocorre um grande aumento da temperatura e da pressão - transformação isométrica (C → D): enquanto o volume aumenta, a pressão e a temperatura diminuem - transformação adiabática (D → E).



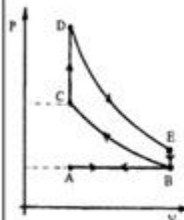
04) Escape dos gases: 4º tempo.

Abertura da válvula de escape: o volume permanece o mesmo e a pressão diminui - transformação isométrica (E → B): enquanto o volume diminui a pressão fica praticamente constante - transformação isobárica (B → A):



0 primeiro princípio da Termodinâmica.

Num ciclo completo do motor, a energia química do combustível só é transformada em trabalho no 3º tempo. Nas outras etapas (1º, 2º e 4º tempos) o pistão é empurrado devido ao giro do virabrequim. Parte do calor é eliminado como **energia interna** (ΔU) dos gases resultantes da combustão que saem pelo escapamento a temperaturas muito altas. Outra parte aquece as peças do motor que são refrigeradas, continuamente, trocando calor com o meio ambiente. Podemos afirmar que a energia ou quantidade de calor Q fornecida ao sistema pelo combustível aumenta sua energia interna realizando trabalho.



Este princípio de conservação da energia pode ser expresso por: $Q = \Delta U + T$, onde:

Q = energia do combustível.

ΔU = variação da energia interna do sistema.

T = trabalho realizado pelo combustível.

Esta expressão é conhecida na Física Térmica como **1ª lei da Termodinâmica**.

Figura 11: Fragmentos do livro do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (Gref) que trata da discussão da Termodinâmica para explicar o funcionamento dos motores. Fonte: GREF (1998, p. 78)

No dia planejado para discussão do texto percebemos que a minoria dos alunos realizou a atividade de leitura e ainda alguns se esqueceram de trazer o texto (aula do dia 27/12/2018). Tivemos que sugerir uma leitura em sala de aula, entregando o texto novamente para os que não trouxeram. Na figura 12 abaixo disponibilizamos um momento de leitura inicialmente feita de forma individual e em seguida houve uma discussão com toda turma.



Figura 12: Momento de leitura do texto do Gref sobre o motor a combustão.

Com relação ao texto explorado percebemos que a maioria aprovou, eles se envolveram bastante. O conteúdo do texto continha explicações teóricas complementadas com diversas imagens de situações reais. Em uma das explicações sobre potência de um motor, alguns estudantes associaram os significados de cavalos de potência do motor aos cavalos animais. Percebemos que os estudantes vincularam a leitura com as discussões feitas nas aulas teóricas.

5.1.5 Descrevendo a nova etapa de Sessão de Whiteboard

Na aula do dia 27/12/2018 solicitamos aos grupos de estudantes que pudessem refazer seus desenhos (mapas mentais) feitos em aulas anteriores, mas desta vez com a apropriação teórica das discussões feitas. Os estudantes sempre queriam tirar dúvidas chamando-nos a todo momento. Na figura 13 pode ser visto um recorte desta situação didática.



Figura 23: Construção de novas sessões de *Whiteboard* pelos grupos.

Pudemos notar uma evolução de seus modelos representacionais para a construção de um modelo teórico. Como nos ensina Mario Bunge, o processo de modelagem deve partir da representação de um fenômeno real da natureza na tentativa de se chegar a uma representação conceitual. Para isso, entendemos que o referente, que consiste em uma situação da realidade, no caso o motor de uma moto, pode ser representado inicialmente como um objeto-modelo (por meio do desenho dos estudantes como forma de isolar o fenômeno) em seguida, após a apropriação dos estudantes sobre a teoria da Termodinâmica puderam aperfeiçoar seus modelos pictóricos, e então entender e avançar para um modelo conceitual.

É importante dizer que, este momento didático (dia 03/01/2019) se aproximava do período de férias dos estudantes. Eles tinham realizados suas avaliações em forma de provas finais de final de bimestre que era comum acontecer na escola. Nessa aula tivemos um problema da infrequência (aproximadamente 15 estudantes faltaram vindo em torno de 28 estudantes), pois alguns não tiveram interesse de vir à escola, mas foi possível, mesmo com várias ausências, finalizarmos as atividades.

A seguir mostramos algumas produções dos estudantes nesta nova sessão de *Whiteboard*, inspirado nas orientações de David Hestenes.

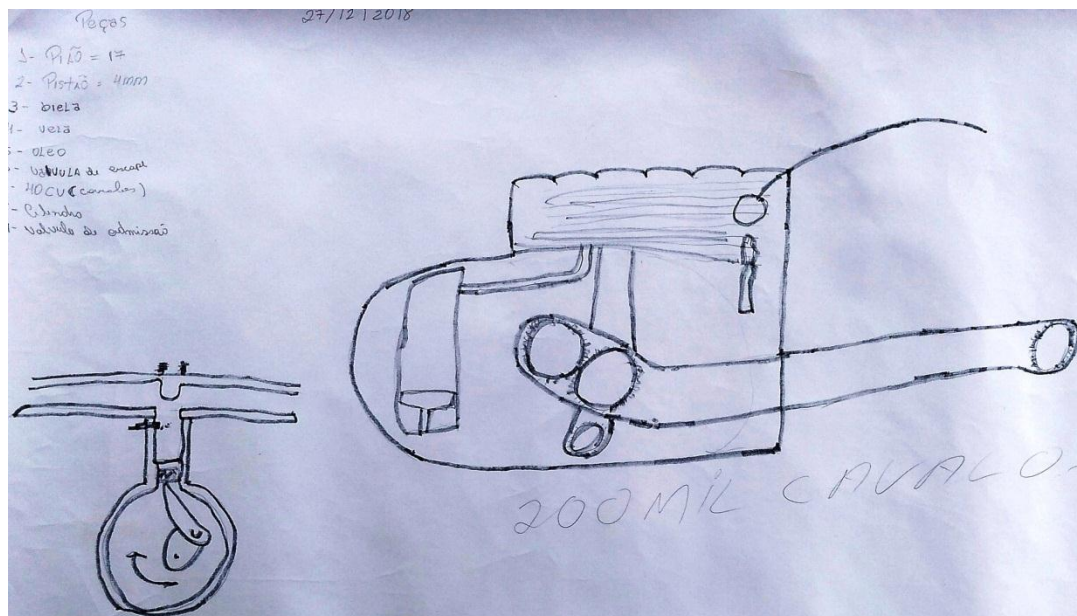


Figura 14: Construção de um modelo conceitual pela equipe 1 após discussões teóricas.

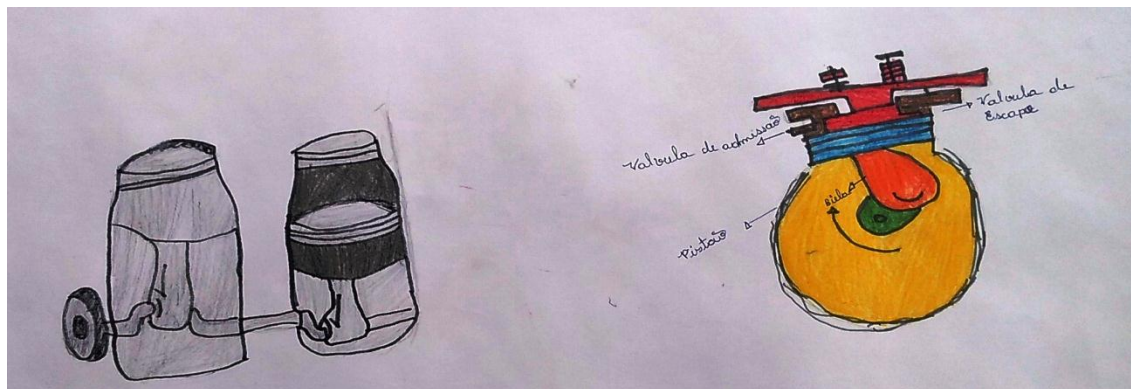


Figura 35: Construção de um modelo conceitual pela equipe 2 após discussões teóricas.

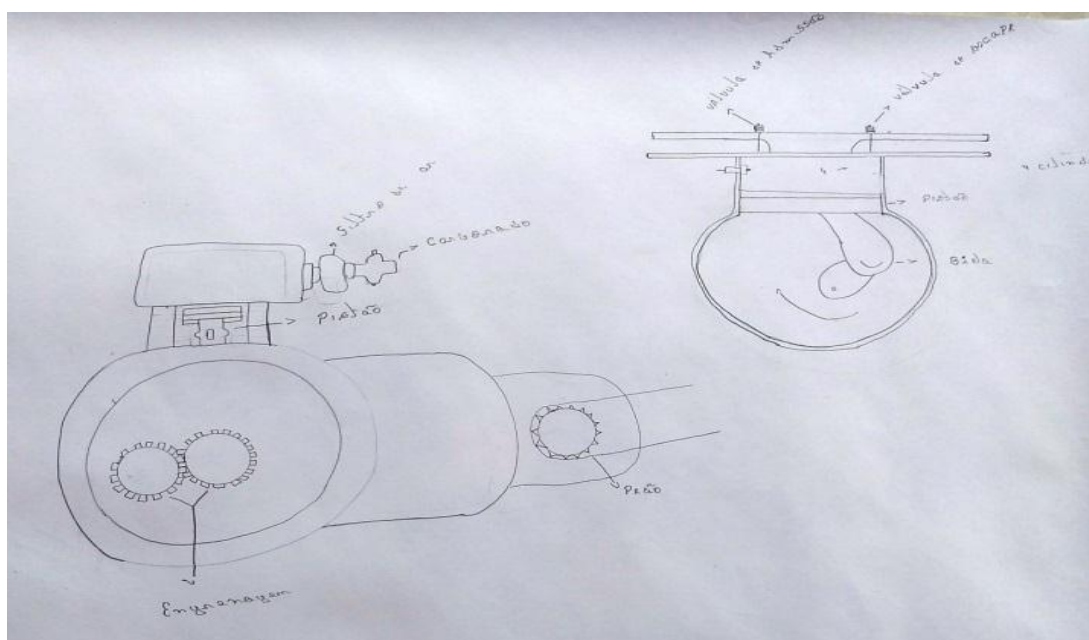


Figura 16: Construção de um modelo conceitual pela equipe 3 após discussões teóricas.

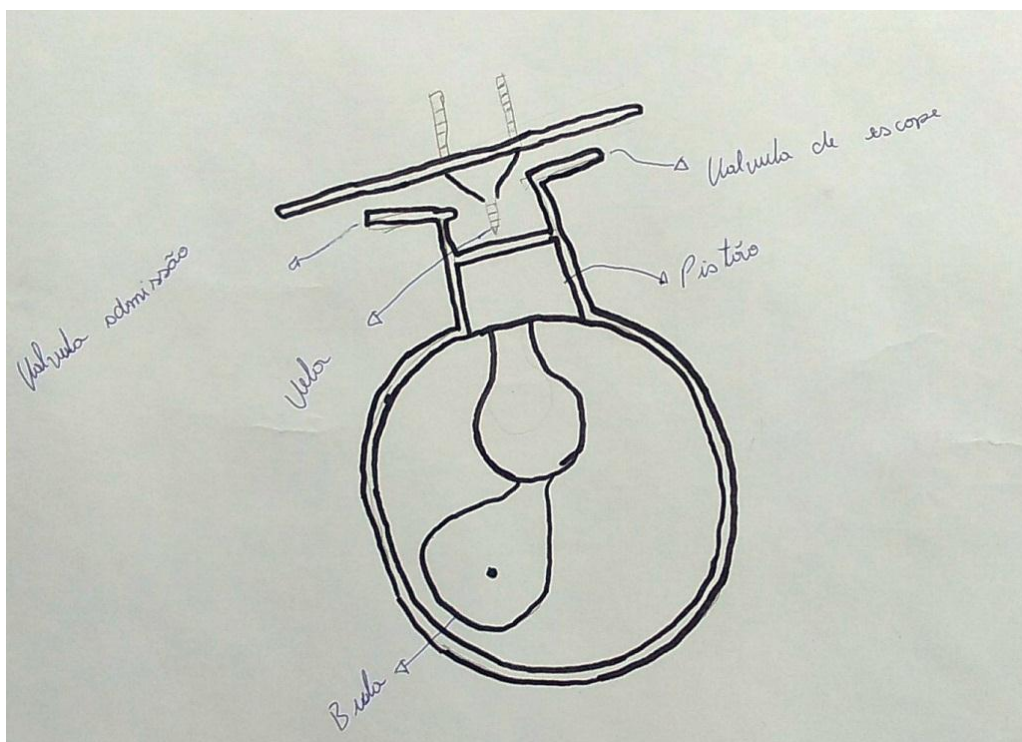


Figura 4: Construção de um modelo conceitual pela equipe 4 após discussões teóricas

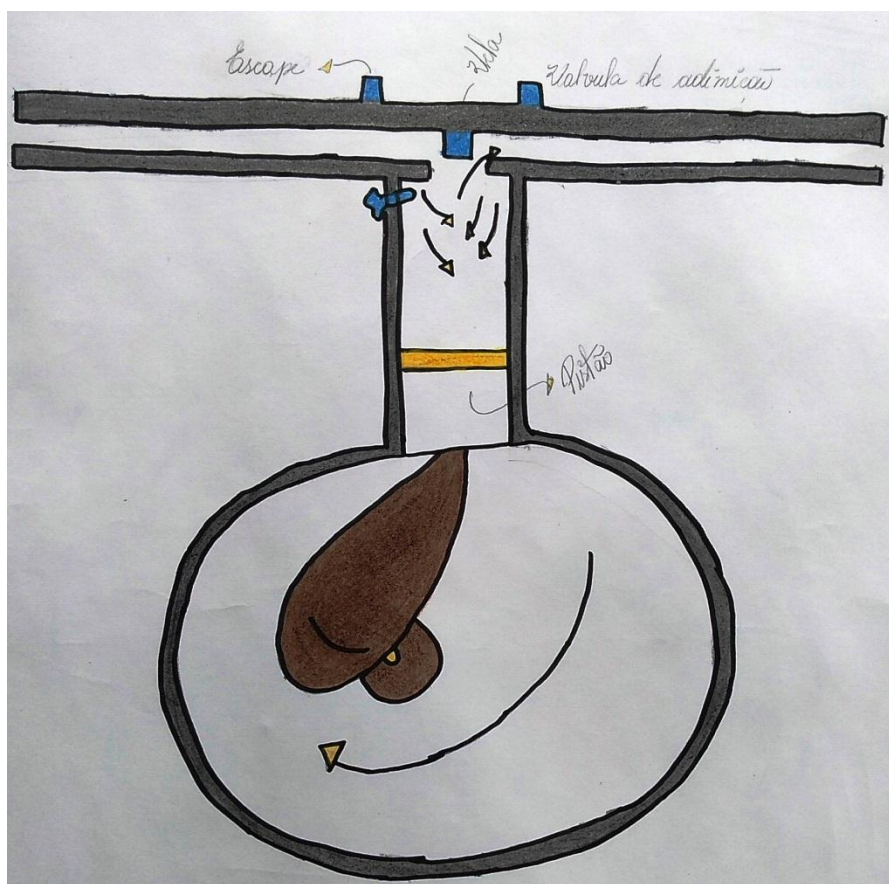


Figura 58: Construção de um modelo conceitual pela equipe 5 após discussões teóricas.

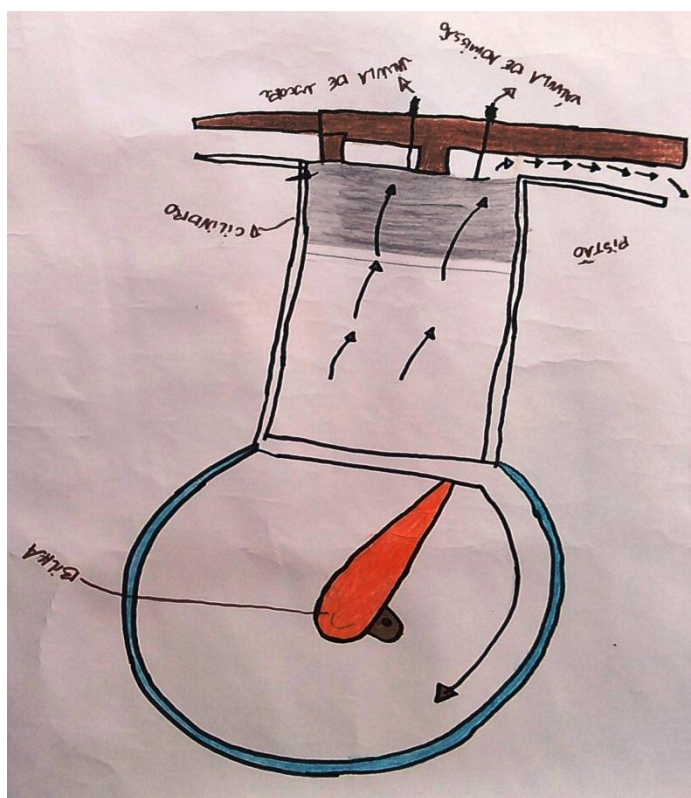


Figura19: Construção de um modelo conceitual pela equipe 6 após discussões teóricas.

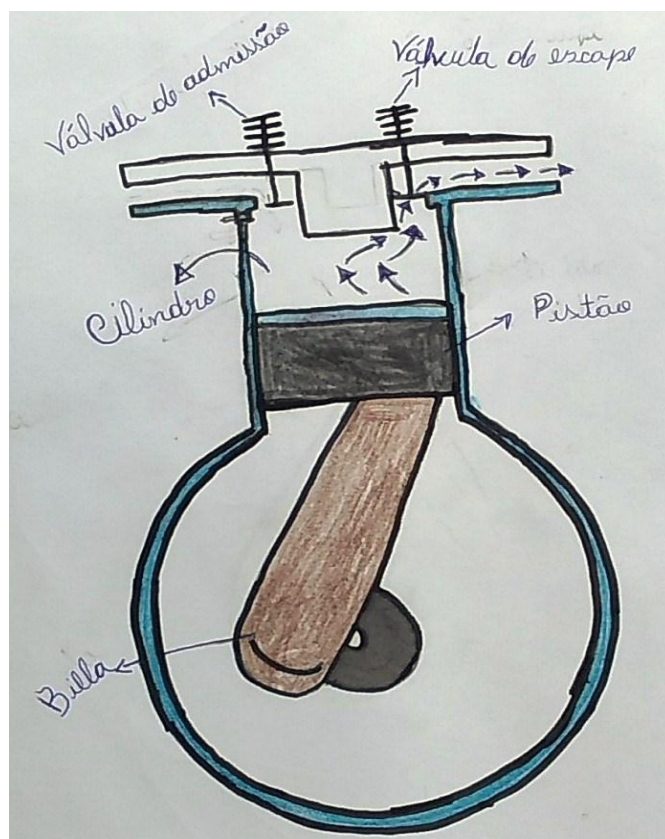


Figura 20: Construção de um modelo conceitual pela equipe 7 após discussões teóricas.

Podemos perceber que as novas representações de todas as equipes relacionavam melhor uma explicação mais conceitual unindo o fenômeno real com um aprofundamento teórico do campo da Termodinâmica. Como pode ser notado nos novos desenhos os estudantes buscaram representar as partes internas do motor identificando seus elementos e funções. Em relação aos primeiros desenhos destacamos que na construção de um “modelo conceitual” as representações dos alunos tenderam a certa padronização. Bunge (2017) afirma que um mesmo objeto pode ser representado de muitas formas que depende da imaginação, em contrapartida, o objeto-modelo não deve variar muito devido a estar enquadrado em teorias científicas.

5.1.6 Descrevendo a etapa da Avaliação

Nesta etapa sugerimos que pudessem opinar, em forma de um pequeno texto, sobre a experiência vivenciada (foi solicitado por escrito seguido de escutas aos estudantes). Abaixo destacamos algumas dessas opiniões:

Estudante Q (representante da equipe 01): *“Nessas aulas vimos como se funciona um motor de uma moto, também estudamos a função de cada peça, com isso aprendemos bastante e tivemos a chance de conhecer coisas que jamais tínhamos visto antes.”*

Estudante R (representante da equipe 02): *“Com as aulas aprendemos muito, foi muito produtivo, gostamos muito. Foi uma forma mais fácil de aprender, pois foi bem dinâmica.”*

Estudante S (representante da equipe 03): *“Aprendemos um pouco de cada peça do motor, como economizarmos bastante energia. Sem dúvidas gostamos muito e aproveitamos.”*

Estudante T (representante da equipe 04): *“Essas aulas foram importantes para compreendermos mais como funciona um motor de uma moto e todas as peças que precisa para ele funcionar.”*

Estudante U (representante da equipe 05): *“Nas aulas iniciadas no dia 28/11 começamos a desenhar um motor de uma moto por dentro do jeito que agente imaginava, achamos muito difícil, mas conseguimos. E no dia 03/12 terminamos de pintar o motor da aula passada e apresentamos. Já no dia 17/12 a professora Géssica resolveu dar uma aula de Física expositiva, pois estava muito perto da semana de*

prova. E no dia 20/12 estudamos sobre conceitos de reversível e irreversível e no dia 27/12 nessa aula a professora passou umas questões para agente responder e desenhar mais um motor. Hoje dia 03/01 de 2019 terminamos de pintar o motor e fazer este relatório. Concluimos que a Termodinâmica é essencial em nosso dia a dia.”

Estudante V (representante da equipe 06) “Nós aprendemos a desenhar um motor de uma moto. Todas as aulas valeram muito a pena, pois conseguimos entender a forma de fazer um motor.”

Estudante X (representante da equipe 07) “No dia 28 de novembro de 2018 iniciamos as aulas com um questionário, no dia 03/12 fizemos um motor e pintamos. No dia 20/12 estudamos a segunda lei da Termodinâmica, no dia 27/12 respondemos perguntas, desenhamos e pintamos um motor. A nossa equipe agradece os ensinamentos da Professora Géssica.”

Como podemos perceber a experiência de estudo da Termodinâmica por meio da abordagem da modelagem científica foi recebido com muita aceitação pelos estudantes. Em suas opiniões revelam que tiveram dificuldades iniciais de representação de uma situação real (o funcionamento do motor da moto), mas que foram progredindo e se apropriando de aspectos teóricos da física por trás desta tecnologia. Todos os estudantes se envolveram de forma ativa na elaboração dos modelos, de forma colaborativa e participaram de todas as discussões. Dificuldades também existiram e que escutamos dos estudantes, por exemplo, muitas paradas em virtude de terem que realizar provas bimestrais exigidas pela escola, o tempo longo entre os encontros, as poucas aulas de física, certa resistência de alguns estudantes em participarem e serem o centro do processo de produção do conhecimento e a necessidade de investigação. Foi percebida também uma evolução qualitativa no processo de aprendizagem dos estudantes. A turma 2º ano C que antes percebia como já dissemos fundamentado em nossa experiência profissional resultante de observação de muitas aulas, era uma turma que tinham dificuldade de aprendizagem e era muito indisciplinada. É muito gratificante ver os alunos empolgados para desenvolver as atividades propostas, e com isso observar a aprendizagem de cada um, uns aprenderam um pouco mais que outros, mas houve uma melhoria em suas aprendizagens e um despertar para sempre estarem aprendendo por meio da investigação dentro ou fora da escola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O material de apoio didático para o ensino de Ciência aqui proposto pode ajudar, de alguma forma, outros profissionais que desejem usar em suas aulas. Afirmamos que não pretendemos oferecer uma receita pronta e acabada, mas o material pode sofrer adaptações e melhorias a depender da demanda de cada contexto escolar. Em nossa experiência em particular podemos observar que todos os estudantes se envolveram de forma ativa na elaboração dos modelos, de forma colaborativa e participaram de todas as discussões. Dificuldades também existiram e que escutamos dos estudantes, por exemplo, muitas paradas devido terem que realizar provas bimestrais exigidas pela escola, o tempo longo entre os encontros, as poucas aulas de física, certa resistência de alguns estudantes em participarem serem o centro do processo de produção do conhecimento e a necessidade de investigação. Foi percebida também uma evolução qualitativa no processo de aprendizagem dos estudantes. A turma 2º ano C que antes percebia, como já dissemos fundamentado em nossa experiência profissional resultante de observação de muitas aulas, era uma turma que tinham dificuldade de aprendizagem e eram indisciplinados. É muito gratificante ver os alunos empolgados para desenvolver as atividades propostas, e com isso observar a aprendizagem de cada um, uns aprenderam um pouco mais que outros, mas houve uma melhoria em suas aprendizagens e um despertar para sempre estarem aprendendo por meio da investigação dentro ou fora da escola.

ALGUMAS REFERÊNCIAS

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular/ BNCC Proposta Preliminar**. Conselho Nacional de Educação/ CNE. Ministério da Educação/ MEC, 2016a Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>. Acesso em 01 de agosto de 2018.

BRANDÃO, Rafael Vasques. ARAUJO, Ives Solano. **A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física**. Física na escola, v. 9, n.1, 2008.

BUNGE, Mario. Teoria e Realidade. São Paulo: Perspectiva, 2017.

GREF, **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física**, Instituto de Física da USP. Leituras de física: física térmica, para ler, fazer e pensar, 1998.

HESTENES, D. Modeling theory for math and science education. In: LESH, R. et al. (Ed.), **Modeling student's mathematical modeling competencies** (pp. 13-42). New York: Springer, 2010.

HESTENES, D. **Notes for a modeling theory of science, cognition and instruction**. In: Proceedings Girep Conference. Amsterdam: University of Amsterdam, 2006, p. 34-65.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. ARAUJO, Ives Solano. VEIT, Eliane Angela. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. Especial 2: p. 965-1007, out. 2012.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. ARAUJO, Ives Solano. VEIT, Eliane Angela. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a Ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 38, nº 1, 1504, 2016a.

MOREIRA, Marco Antonio. Modelos científicos, modelos representacionais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia**. V. 7, n. 2, maio-ago 2014.