



CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE ANÁLOGO MECÂNICO PARA O ENSINO DA TEORIA CINÉTICA DOS GASES

Glauco Eduardo Rocha

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Semiárido, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças

Mossoró
Fevereiro, 2020

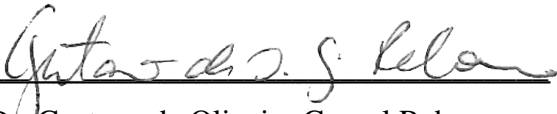
**CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE ANÁLOGO MECÂNICO PARA
O ENSINO DA TEORIA CINÉTICA DOS GASES**

GLAUCO EDUARDO ROCHA

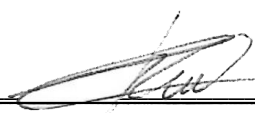
Orientador: Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Semiárido, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

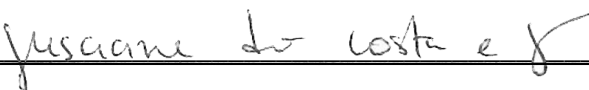
Aprovada por:



Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças



Prof. Dr. Tibério Magno de Lima Alves



Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva



Francisco Edelmar das Neves

Prof. Dr. Francisco Edcarlos Alves Leite

Mossoró, Fevereiro, 2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

R672c Rocha, Glaucø Eduardo Rocha.
CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE
ANÁLOGO MECÂNICO PARA O ENSINO DA TEORIA CINÉTICA
DOS GASES / Glaucø Eduardo Rocha Rocha. - 2020.
94 f. : il.

Orientador: Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças
Rebouças.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Física, 2020.

1. Ensino de Física. 2. Experimentos de baixo
custo. 3. Análogo mecânico. 4. Termodinâmica. 5.
Teoria Cinética dos Gases. I. Rebouças, Gustavo de
Oliveira Gurgel Rebouças, orient. II. Título.

Dedico esta dissertação à minha esposa Suzana Kaliana Oliveira Rocha, minha mãe Maria Edna da Conceição Rocha, ao meu Pai Francisco de Assis Rocha ,ao meu filho Daniel Henrique Oliveira Rocha e a todos os familiares e amigos mais próximos com todo o meu amor e gratidão.

Agradecimentos

A Deus, porque dEle e por Ele, e para ele, são todas as coisas.

Ao Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças pelos ensinamentos, orientação, paciência e compreensão que me possibilitou a realizar esse sonho.

Aos professores do polo 09 que contribuem com o MNPEF meu eterno obrigado pelos ensinamentos.

Aos colegas do curso do MNPEF-UFERSA TURMA 2017.1 pelo excelente convívio e ensinamentos transmitidos durante todo o tempo do curso. São eles: Agenildo Alves de Vasconcelos, Aldecir Peixoto Maia, Barbara Nicelle Maciel Farias, Eliabe Maxsuel de Aquino, Francisco Napoleão Freire Netto, Francisco vanderli de Araújo, João Paulo Soares, Jorge Luís Moura Lessa, José Carlos de França, José Jeová Amaro, Márcio Xavier da Silva, Maxwell Lima Maciel Filho e Ronaldo Zacarias de Souza

Aos amigos Jean Carlos de Andrade, Maxwel Rodrigues de Souza, Diego Alves de Barros e Eliúde Maia Xavier por sempre me apoiarem e incentivarem nessa caminhada.

Aos alunos da Turma de Informática 2V (InfoUnity 18) IFRN Campus Ipanguaçu pela importante participação deste trabalho.

À direção do IFRN Campus Ipanguaçu por aceitar e acreditar no meu trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa durante o curso.

Enfim, a todos que, de forma direta ou indireta, caminharam do meu lado, que contribuíram para tornar real o sonho que um dia tive de ser mestre em ensino de Física. Muito obrigado pela confiança nessa trajetória.

RESUMO

CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE ANÁLOGO MECÂNICO PARA O ENSINO DA TEORIA CINÉTICA DOS GASES

GLAUCO EDUARDO ROCHA

Orientador: Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças

A teoria cinética dos gases, na maioria das vezes, é apresentada aos alunos de ensino médio de forma abstrata. Esta problemática está presente nos estudos de pressão, trabalho, temperatura, primeira lei da termodinâmica, máquinas térmicas, processos termodinâmicos, e demais conteúdos relacionados ao estudo de um gás. Visando amenizar este problema, construímos uma sequência didática e um dispositivo didático que tem como objetivo modelar o movimento térmico de um gás ideal monoatômico. Abordamos a utilização deste dispositivo didático, de baixo custo, nas aulas de Física para alunos do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em Ipanguaçu/RN. Norteamos nosso trabalho, do ponto de vista teórico-pedagógico, a partir da teoria sociocultural de Vygotsky, segundo a qual, os alunos são os protagonistas e o professor mediador. Como forma de analisarmos a intervenção pedagógica registramos os relatos das experiências dos alunos e utilizamos questionários prévios e posteriores à aplicação do produto. Nesse sentido, a análise dos questionários demonstrou resultados significativos na compreensão dos conteúdos com destaque aos momentos em que foram usados o nosso dispositivo.

Palavras-chave: Ensino de física. Experimentos de baixo custo. Análogo mecânico. Termodinâmica. Teoria cinética dos gases.

ABSTRACT

CONSTRUCTION AND APPLICATION IN A MECHANICAL ANALOG CLASSROOM FOR TEACHING THE KINETIC THEORY OF GASES

Advisor: Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças

The kinetic theory of gases is presented to high school students in most cases in a strictly abstract way. This problem is present in the studies of pressure, work, temperature, first law of thermodynamics, thermal machines, thermodynamic processes, and what else we relate to the study of a gas. In order to alleviate this problem, we built a didactic sequence and a didactic device that aims to model the thermal movement of an ideal monoatomic gas. We approach the use of this low-cost didactic device in Physics classes for high school students at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte, in Ipanguaçu / RN. Considering Vygotsky's socio-cultural theory as the theoretical-pedagogical basis, in this theory students are the protagonists and the mediating teacher. The speeches of the students during the classes and two questionnaires (Pre-Test and Post Test) to analyze the pedagogical intervention. The intervention showed good results in understanding the content, with emphasis on the moments when our device was used.

Keyword: Physics teaching. Low Cost Experiments. Mechanical analog. Thermodynamics. Kinetic theory of gases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Análogo mecânico para a condutividade dos metais.....	21
Figura 2: Análogo mecânico hidrodinâmico.....	22
Figura 3: Análogos mecânicos-Termodinâmica.....	23
Figura 4: (a) Modelo de partícula numa caixa cúbica.(b) Molécula em colisão.....	25
Figura 5: Distribuição de velocidades das moléculas de um gás.....	30
Figura 6: Diagrama P-V (Isotermas).....	31
Figura 7: (a) Foto do análogo mecânico.(b) Desenho esquemático análogo mecânico..	42
Figura 8: À esquerda foto do circuito. À direita figura esquemática do circuito	43
Figura 9: Versão final do análogo mecânico.....	44
Figura 10: Página inicial do simulador Phet.....	46
Figura 11: Figura da questão 23 do pós -teste.....	48
Figura 12: Figura da questão 24 do pós-teste.....	48
Figura 13: Alunos utilizando simulador virtual.....	50
Figura 14: Momento confraternização com a turma.....	53
Figura 15: Representação esquemática do análogo mecânico.....	78
Figura 16: Foto análogo mecânico.....	78
Figura 17: Figura esquemática do circuito.....	79
Figura 18: Caixinha MDF com cooler.....	79

Figura 19: Simulador Phet introdução gases.....	82
Figura 20: Simulador Phet propriedades dos gases.....	83
Figura 21: Simulador Phet propriedades gases.....	83
Figura 22: Simulador Phet propriedades dos gases.....	84
Figura 24: Desenho esquemático do análogo mecânico.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Transformações termodinâmicas.....	32
Tabela 2: Cronograma das etapas para realização do produto educacional com as datas da intervenção didática.....	35
Tabela 3: Materiais utilizados para confecção do análogo mecânico.....	43

SIGLAS

E.M. – Ensino Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

IFRN – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais/Ensino Médio

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

MDF- Medium Density Fibeboard

SI – Sistema Internacional das Unidades

CIDEPE- Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa

SUMÁRIO

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO.....	14
Capítulo 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1. A Teoria Sócio interacionista de Vygotsky.....	17
2.2. Atividade Experimental no Ensino de Física.....	19
2.3. Análogos Mecânicos no Ensino de Física.....	21
Capítulo 3 – REVISÃO DE FÍSICA.....	24
3.1. A Teoria Cinética dos Gases.....	24
3.2. Distribuição de velocidades moleculares.....	30
3.3. Trabalho Realizado por um Gás.....	31
3.4. Primeira Lei da Termodinâmica.....	32
Capítulo 4 – PRODUTO EDUCACIONAL.....	34
4.1. Descrição do produto educacional.....	34
4.2. Cronograma dos Encontros.....	35
4.2.1. Encontro 1: Aplicação do questionário inicial (pré teste).....	36
4.2.2. Encontro 2: Aula teórica.....	37
4.2.3. Encontro 3: Montagem e utilização do análogo mecânico.....	38
4.2.4. Encontro 4: Aplicação do questionário final (pós-teste).....	40
4.2.5. Encontro 5 : Encerramento das atividades.....	41
4.3. Montagem do análogo mecânico.....	42
4.4. Simulador PHET.....	46
4.5. Questionário inicial	46
4.6. Questionário final.....	47
Capítulo 5 – APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	49
5.1. Primeiro encontro.....	50
5.2. Segundo encontro.....	50
5.3. Terceiro encontro.....	51
5.4. Quarto encontro.....	52
5.5. Quinto encontro.....	53

Capítulo 6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	54
6.1. O que é um gás?.....	54
6.2. O que é Temperatura?.....	55
6.3. O que é pressão de um gás?.....	55
6.4. O que representa a temperatura relacionada ao análogo mecânico?.....	55
6.5. O que representa o volume para o análogo mecânico?.....	56
6.6. O que representa a pressão para o análogo mecânico?.....	56
6.7. Quais as relações entre as figuras na questão 23?.....	57
6.8. Quais as relações entre as figuras na questão 24?.....	57
Capítulo 7 – CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	59
REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICES	
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....	65
APÊNDICE B – MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO ANÁLOGO MECÂNICO.....	73
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO INICIAL (PRÉ TESTE).....	80
APÊNDICE D – ATIVIDADE PROPOSTA 1	82
APÊNDICE E – ATIVIDADE PROPOSTA 2	87
APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO FINAL (PÓS TESTE).....	89
APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO DA ESCOLA.....	92
APÊNDICE H – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM (MENOR)..	93
APÊNDICE I – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM (MAIOR).....	94

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Vivemos no século XXI, no entanto, o modelo adotado no ensino amplamente utilizado pelos educadores nas escolas brasileiras é o tradicional. Nesse modelo, o estudante é um mero expectador e o conhecimento é tido como um conjunto de informações, as quais são transmitidas ao discente. Essa transmissão de conhecimento, na maioria das vezes, não contempla um aprendizado significativo, pois o estudante simplesmente memoriza o conteúdo por curto intervalo de tempo, não o absorvendo de forma efetiva. Nessa linha, o ensino de Física continua a ser predominantemente teórico; Preso a utilização de equações matemáticas, sem a preocupação da fundamentação com o fenômeno físico em questão, que deveria ser o principal pressuposto.(BONADIMAN et. al., 2004, p.1).

A Física deve ser percebida pelos alunos como uma ciência que nasceu com base nas observações dos fenômenos da natureza e na tentativa de explicá-los de forma eficiente. Assim sendo, o ensino de Física deve partir de fenômenos que ocorrem no cotidiano do estudante, cabendo ao professor a tarefa de explicar tal fenômeno através de um modelo mais adaptado à realidade do estudante. Fazer ciência em sala de aula vai além de equações matemáticas e soluções de problemas; Requer um olhar abrangente envolvendo o contexto social, o filosófico e o histórico, agregando todos estes conhecimentos em consonância com um ensino de Física que atenda às necessidades atuais do aluno, em conformidade com o tempo e meio social em que ele está inserido.(BRASIL, 2002).

Uma das alternativas ao professor como meio de superação ao modelo de educação bancária, adotado na maioria das escolas brasileiras, é, portanto, a ênfase da atividade experimental no ensino de física. Os PCN'S reforçam que a realização das atividades experimentais deve ser implementada durante todo o processo de ensino aprendizagem, pois a atividade experimental aguça a curiosidade nos alunos, facilitando a internalização do conhecimento científico.(MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2001).

Desde que o professor possa promover interações sociais que o permitam explorar de modo significativo os conteúdos curriculares, qualquer atividade experimental seja uma simples realização de medidas, a construção de gráficos, a determinação de constantes físicas, a visualização qualitativa de determinadas propriedades etc., deve ser considerada útil pedagogicamente. As atividades

experimentais realizadas em grupos de alunos são indicadas quando se utilizam equipamentos simples, que podem ser operados com alguma independência pelos próprios alunos, durante um tempo compatível com a grade horária. Roteiros para orientar a realização da atividade são essenciais. Há quem critique esses roteiros, argumentando que eles limitam a iniciativa do aluno. Essa crítica, porém, não se justifica em uma pedagogia vigotskiana: Como aluno não aprende o conteúdo teórico da experiência com a montagem, nem mesmo com a simples realização de medidas ou cálculos, mas com as interações sociais desencadeadas durante sua realização, e essas interações podem também ser originadas por questões propostas para discussão nesses roteiros. (VYGOTSKY *apud* GASPAR, 2005. p. 225).

Particularmente, estamos inseridos, como professores de ensino básico numa instituição pública, em um contexto desafiador marcado, muitas vezes, por turmas heterogêneas, alunos com deficiências de base, sem contar as inúmeras restrições em termos de recursos didáticos que dificultam a nossa atuação. Pensando nisto, nos mobilizou a necessidade de tornar acessível uma atividade prática para facilitar o ensino de conceitos relativos à termodinâmica. Em geral, os equipamentos disponíveis no mercado para esse fim, como por exemplo, o transdutor eletromagnético, possui um valor elevado o que acaba restringindo seu uso em muitas salas de aula.

Deste modo, o nosso desafio era confeccionar um equipamento a partir de materiais acessíveis, de fácil manuseio e, como consequência, com menor custo, mas que preservasse a qualidade da atividade prática.

Partindo do princípio que, há limitações e dificuldades encontradas pelos professores da escola pública no “fazer ciências”, de um modo particular, no ensino de física, tendo em vista sua abordagem abstrata, sobretudo no conteúdo da termodinâmica e a teoria cinética dos gases, seria possível desenvolver um análogo mecânico que modelasse o comportamento térmico das moléculas de um gás? Isso constitui a nossa questão central.

Para tanto, objetivamos como alternativa à solução deste problema, baseado na teoria sociointeracionista de Vygotsky, a construção e aplicação de um dispositivo de baixo custo para o ensino de física de forma que seja acessível aos alunos do ensino médio.

Esta dissertação está organizada da seguinte maneira: No Capítulo 2 fazemos uma abordagem do referencial teórico, de um modo especial, a teoria sociointeracionista de Vygotsky, que foi útil

para o desenvolvimento do nosso trabalho. No Capítulo 3, fazemos uma breve revisão teórica do conteúdo de física escolhido e abordado para a obtenção dos objetivos. No Capítulo 4 apresentamos o produto educacional desenvolvido e aplicado, juntamente com uma proposta de sequência didática propriamente dita, a ser utilizado por professores e alunos. No Capítulo 5 nos prendemos em descrever como e a forma da aplicação do produto educacional e a sequência proposta para grupos de alunos. No Capítulo 6 realizamos as análises dos dados coletados em relação às respostas das atividades que foram propostas pelo professor e que aconteceram durante o terceiro bimestre do calendário escolar. No Capítulo 7 fazemos uma análise dos resultados obtidos com as aplicações dos pré-teste e pós teste, com atenção ao modo como os alunos responderam algumas questões subjetivas e tecemos comentários sobre desenvolvimentos futuros. O apêndice A contém o texto da sequência didática, o mesmo que está no Capítulo 4, porém de forma destacável do restante da dissertação. No apêndice B está o manual de construção do análogo mecânico utilizado na sequência didática. No apêndice C está o questionário inicial (Pré-teste), no apêndice D encontra-se a atividade 1 proposta. No apêndice E, está a atividade duas proposta. No apêndice F, está o questionário final (Pós -teste), no apêndice G encontra-se o termo de consentimento da escola para aplicação da proposta e por fim, os apêndices H e I estão os termos de autorização de uso de imagem dos alunos (menor e maior de idade).

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo apresentaremos uma abordagem sucinta sobre a teoria sócio interacionista de aprendizagem com base na teoria de Lev Semynovick Vygotsky.

2.1. A Teoria Sócio interacionista de Vygotsky

A teoria da aprendizagem sociointeracionista foi formulada por Lev Vygotsky, na qual explica que o desenvolvimento cognitivo do aluno se dá por meio da interação social, ou seja, de sua interação com outros indivíduos e com o meio. Nessa teoria, Vygotsky fala que o desenvolvimento intelectual do ser humano não está presente na sua mente desde o nascimento, e que o desenvolvimento acontece de acordo com o meio onde o indivíduo está inserido, onde o desenvolvimento cognitivo do indivíduo se solidifica dependendo da interação social dele com outros indivíduos e com o meio, gerando novas experiências e novos conhecimentos. (VYGOTSKY, 2009).

A interação social tem um papel muito importante no desenvolvimento do indivíduo. É através dela que ocorre a propagação do conhecimento social, histórico e cultural do indivíduo, que é condição indispensável para o desenvolvimento e constituição das sociedades. Essa interação ocorre no mínimo entre duas pessoas trocando significados; implica num determinado grau de reciprocidade e bi direcionalidade entre os indivíduos no processo, trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos, tanto em termos qualitativos como quantitativos. Crianças, adolescentes, adultos, novos e velhos, geralmente não vivem isolados; estão permanentemente interagindo socialmente em casa, na rua, na escola e no trabalho. Vygotsky considera esta interação fundamental para o desenvolvimento cognitivo de qualquer pessoa.

Para que ocorra o desenvolvimento cognitivo do indivíduo, ou seja, para que as relações sociais se transformem em funções psicológicas superiores ou processos mentais, isto é, ações construídas nas relações que os seres humanos mantêm entre si e com a natureza. Nestas relações devem ocorrer a interiorização de instrumentos e signos por meio da interação social, sendo esses os mediadores desse processo. Os instrumentos e signos são funções mediadoras na atividade humana.

Os instrumentos, voltados para fora do indivíduo, têm como função provocar transformações no mesmo e controlar os processos da natureza. No entanto, os signos, chamados por Vygotsky de instrumentos psicológicos, são orientados para o próprio sujeito, para dentro do indivíduo; dirigem-se ao controle de ações psicológicas, seja do próprio indivíduo, seja de outras pessoas. São ferramentas que auxiliam nos processos psicológicos e não nas ações concretas, como os instrumentos. (OLIVEIRA, 1993).

Os signos se constituem como ferramentas que auxiliam no controle da atividade psicológica e, como também, no processo de internalização dos significados que é um dos principais mecanismos a serem compreendidos no estudo do ser humano. São construídos culturalmente e desenvolvem a capacidade de representação simbólica. (VYGOTSKY, 2009).

No ambiente da sala de aula, o professor é o integrante que já internalizou os significados contextualizados aceitos. E cabe a ele, em aula, apresentar aos alunos um conjunto de significados do contexto da maneira de ensino e os alunos devem, de alguma maneira, externalizarem ao professor os significados captados. O professor deve verificar se os significados que os alunos assimilaram são aceitos e de alguma maneira compartilha-los de forma social.

[...] Sem interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem tenham oportunidade de falar. Enfim, a interação social é um intenso intercâmbio de significados (Moreira, 2011, p. 119).

Nesse sentido, a função do professor consiste em direcioná-los enquanto fornece as ferramentas adequadas para que seu desenvolvimento cognitivo ocorra da forma mais adequada. Assim, o professor possui a responsabilidade de conduzir o indivíduo até a aquisição do conhecimento, cabendo a ele provocar um desequilíbrio no sistema cognitivo do aluno, conduzindo-o para um novo e mais elaborado sistema cognitivo. (MOYSÉS, 2010).

Para acontecer uma aprendizagem efetiva, Vygotsky defendia que a interação social do sujeito da aprendizagem deveria ocorrer dentro de uma zona de desenvolvimento imediato, ou proximal

(ZDP), que pode ser entendida como uma distância que existe entre aquilo que o sujeito já tem no seu cognitivo, o que ele já sabe, ou seja, o seu conhecimento real e aquilo que o sujeito possui uma certa potencialidade para aprender, o seu conhecimento potencial. Na ZDP o indivíduo é acompanhado por um mediador (Professor, pai, mãe, parentes, entre outros), até que tenha capacidade de realizar determinada tarefa sozinho.

Dentro do contexto da ZDP, o professor se torna mediador da aprendizagem usando estratégias que leve o indivíduo, no caso o aluno, a se tornar independente, estimulando o seu conhecimento potencial. Nesse sentido, o trabalho em equipe, tendo um professor como mediador, permite ao aluno a criação de uma ZDP mais abrangente, facilitando a assimilação de conhecimentos e a sua internalização de acordo com a sua interação com outros indivíduos e com o meio social. (VYGOTSKY, 2002).

2.2 Atividade Experimental

Se espera que a apropriação do conhecimento físicos deve se desenvolver gradativamente e usando uma linguagem próxima do aluno, usando elementos práticos não descartando a necessidade que, nas palavras de Moreira , “o abstrato seja construído concretamente”. (MOREIRA,2000).

Não deixando de valorizar o ato autônomo dos alunos, estimulando sua curiosidade e no ato de ensina o docente se torna também discente e altera sua prática criticamente alterando sua aula a cada nova turma e experiência. (FREIRE, 1996).

No entanto a atividade experimental é uma ferramenta indispensável para o ensino de física, e frequentemente esbarra em diversas dificuldades. Destacamos a falta ou o sucateamento dos laboratórios, a qualidade ou ausência da formação dos professores de física, ou ainda a falta de habilidade ou treinamento o que pode tornar a atividade experimental uma obrigação incomoda para o professor. (MOREIRA, 2000). Destacamos neste ponto o papel do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física(MNPEF/SBF) como sendo uma excelente alternativa à formação continuada e a nível de mestrado de professores de física de todo o país, sendo, juntamente com outros programas de mestrado profissional uma ferramenta de impacto para os docentes e para os alunos uma vez que as dissertações devem ser produzidas com base em um produto educacional desenvolvido e aplicado pelos professores/mestrandos. (NASCIMENTO, 2013) (SBF, 2020).

Uma das alternativas do professor de Física para escapar do modelo de educação de discurso bancário, termo difundido por (FREIRE, 1987) e se refere a aprendizagem mecânica, sem significado e sem aprendizado crítico do professor, e adotado na maioria das escolas brasileiras é por meio do uso da experimentação. Os PCN's reforçam que a realização das atividades experimentais deve ser implementada durante todo o processo de ensino aprendizagem, pois a experimentação é uma ferramenta que pode aguçar a curiosidade nos alunos, "Se há uma prática exemplar como negação da experiência formadora é a que dificulta ou inibe a curiosidade do educando e, em consequência, a do educador" (FREIRE, 1996), assim o autor coloca até o docente como discente e vítima da sua própria educação sem significado. (FREIRE, 1987).

As atividades experimentais realizadas em grupos de alunos são indicadas quando se utilizam equipamentos simples ou de baixo custo que podem ser operados com alguma independência pelos próprios alunos, durante um tempo compatível com a grade horária. Roteiros para orientar a realização da atividade são essenciais. Destacando que há críticas a esses roteiros, argumentando que eles limitam a iniciativa do aluno. Gaspar (2014) defende que esta crítica não se justifica em uma pedagogia vigotskiana, na qual o aluno participa do processo de ensino de forma efetiva através das interações sociais desencadeadas durante sua realização, e essas interações podem também ser originadas por questões propostas para discussão nesses roteiros. No entanto, o mero ato de preencher relatórios ou o equipamento de baixo custo, só pelo termo, tem que ser combatidos para se alcançar um ensino significativo, destacado a universidade brasileira tem um papel importante na difusão da atividade experimental nas salas de aulas na produção e disseminação de materiais didáticos, não retirando do estado a função de fornecer equipamentos industrializados às escolas. (MOREIRA, 1991).

As atividades experimentais de física podem apresentar alguns enfoques nos resultados de forma como é exposta aos alunos, podendo ter uma ênfase matemática, qualitativa, demonstrativas baseada na observação e a investigativa, bem como a combinação de todas estas. (ARAÚJO; ABIB, 2003). Neste trabalho temos a participação dos alunos nos experimentos virtuais e de certa forma na montagem e utilização de um dispositivo chamado análogo mecânico, em contra ponto ao experimento virtual, o análogo mecânico é um equipamento, mas em si não é o que se este estudando,

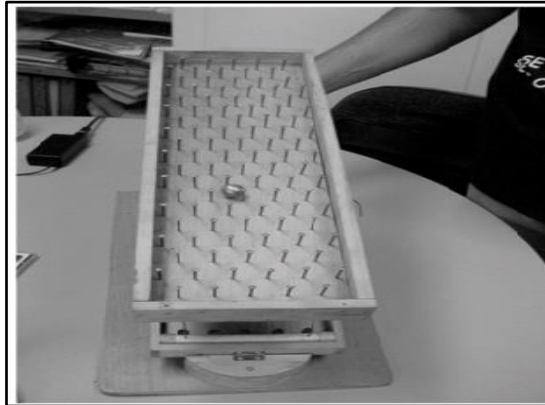
o gás, mas traz uma nova visão aos alunos. Na seção seguinte trataremos melhor deste tipo de atividade experimental. De modo a não somente “transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”. (FREIRE, 1996).

2.3 Análogos mecânicos no Ensino de Física

Na aplicação de nosso produto didático contamos com o auxílio de um aparato experimental que foi idealizado e montado por nós e que tivemos inspiração em alguns equipamentos e trabalhos aos quais tivemos acesso. Construímos nosso aparato experimental com materiais de baixo custo e fácil acesso. O análogo, modelo ou modelagem é uma construção de um equipamento que simule ou modele um sistema físico. Apresentaremos aqui alguns sistemas construídos e trabalhados para o ensino de física. Sendo, segundo Tavares, Boas e Oliveira (1991) algumas na maioria das vezes baseados em concepções alternativas identificadas ou até mesmo sugeridas pelo professor.

Um análogo interessante e criativo é usar uma rampa de madeira com vários pregos fincados e se faz descer bolinhas de gude por esta rampa. A densidade dos pregos representaria a resistividade elétrica de um material a passagem de uma corrente elétrica, (as bolinhas). Desse modo é possível descrever a primeira lei de Ohm para este sistema, onde o inverso de tempo representa a corrente elétrica e o inverso da altura da rampa representa a diferença de potencial, a rampa é o resistor, sendo a inclinação do gráfico da “corrente” em função da diferença de potencial uma reta que terá inclinação que decai com a “resistência”, ou seja, com a densidade de pregos na rampa. (TAVARES; BOAS; OLIVEIRA, 1991) (BAGNATO, 1994). Em Bagnato e Rodrigues (2006) este experimento é melhorado e colocado o efeito de temperatura que é a agitação mecânica da rampa, provocando um aumento da resistividade em função da temperatura. A Figura 1 apresenta do análogo mecânico para a primeira lei de Ohm para a descrição acima.

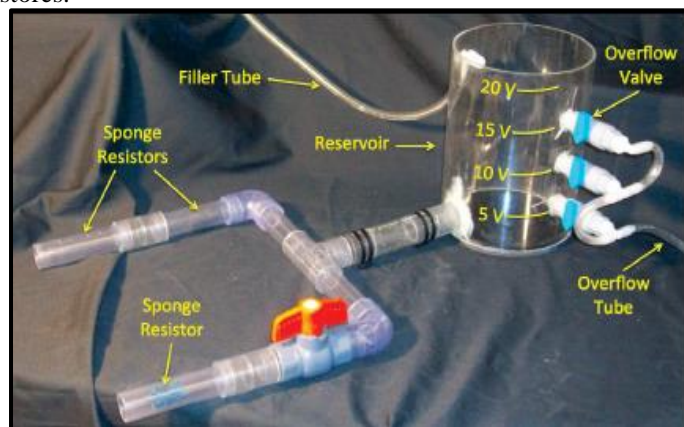
Figura 1: Análogo mecânico para a condutividade dos metais já com o efeito de temperatura, agitador mecânico da rampa



Fonte: Modificado de Bagnato; Rodrigues (2006, p. 37)

Ainda sobre eletricidade destacamos o trabalho de Pfister (2014), no qual a relação com a corrente elétrica é a água em tubos e os resistores são esponjas. Fica óbvio que quanto maior a densidade da esponja maior será a resistência à passagem da água, bem como a segunda lei de Ohm pode ser vislumbrada comparando as dimensões da esponja de mesma densidade no tubo. O nível reservatório de água está relacionado com força eletromotriz de uma bateria e que se pode associar os tubos com esponjas em série e em paralelo. A Figura 2 mostra o análogo para este caso.

Figura 2 : Um recipiente de acrílico serve como fonte de água de constante pressão hidrodinâmica. Os elementos de esponja fornecem uma resistência para o fluxo de água. Os elementos de esponja podem ser dispostos em série ou em paralelo simulando um resistor elétrico, onde a corrente elétrica é o fluxo de água e as esponja os resistores.

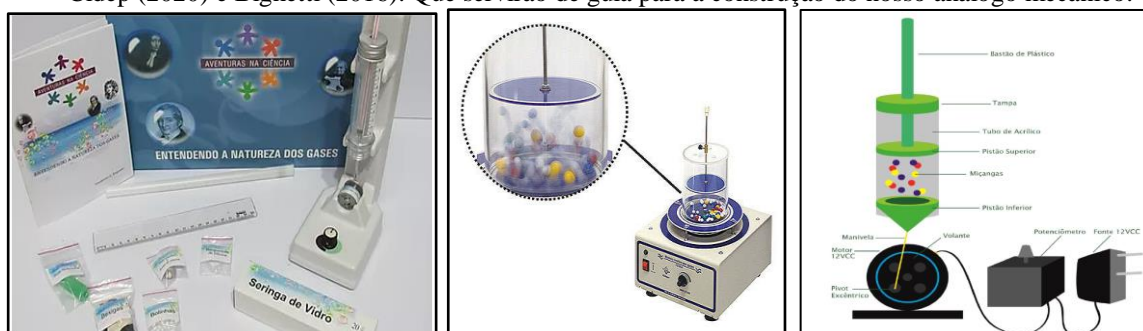


Fonte: Modificado de Pfister (2014, p. 270)

Dentre os vários trabalhos pesquisamos no ensino de Física em relação aos análogos mecânicos, de um modo especial, conteúdos relacionados com a termodinâmica, destacamos o estudo experimental da lei dos gases ideais comercializado na forma de um kit aventuras na ciência – termodinâmica, (EDUCAR, 2020), no qual pode ser simulado o comportamento dos gases e suas leis. Segundo o manual, o kit aventuras na ciência é capaz, dentre outros objetivos, de fazer o aluno/usuário identificar o comportamento cinético dos gases, entender o conceito de pressão e principalmente construir diagramas no gráfico PV , pressão versus volume, de processos termodinâmicos básicos: isotérmico, isobárico, adiabático e isovolumétrico. Podemos citar também o trabalho de Bighetti (2016), no qual é desenvolvido o uso de o que foi chamado pela autora de modelagem no ensino de química e apresentando excelentes resultados em sala de aula. Um kit mais simples, mas também com proposta parecida é comercializado pelo Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa – CIDEP (CIDEP, 2020).

A Figura 3 mostra fotos e ilustrações dos análogos para o estudo de termodinâmica aqui citados. Em todos estes kits há um recipiente transparente com um agitador na parte inferior e um êmbolo móvel na parte superior. O agitador fornece energia cinética as missangas (ou bolinhas) que se chocam contra as paredes do recipiente e êmbolo, sendo esta a maneira de simular um gás, de modo que quanto maior a agitação maior a temperatura, ou a pressão, ou o volume, ou outra grandeza, dependendo de como o sistema é preparado e o que se quer mostrar. Descreveremos melhor como a analogia com o gás é realizada quando apresentarmos o nosso análogo.

Figura 3: Análogos mecânicos para o ensino de termodinâmica, da esquerda para a direita Educar (2020), Cidep (2020) e Bighetti (2016). Que servirão de guia para a construção do nosso análogo mecânico.



Fonte: Modificado de Educar (2020), Cidep (2020) e Bighetti (2016)

Capítulo 3

REVISÃO TEÓRICA DE FÍSICA

Apresentaremos de forma sucinta a da teoria cinética dos gases do ponto de vista da Física Clássica para o nível médio.

3.1. A Teoria de Cinética dos gases

A teoria cinética dos gases é um conjunto de hipóteses propostas para explicar as propriedades e as leis dos gases a partir das leis da mecânica de Newton. De acordo com (NUSSENZVEIG, 2014, p.289) a teoria cinética parte das seguintes suposições:

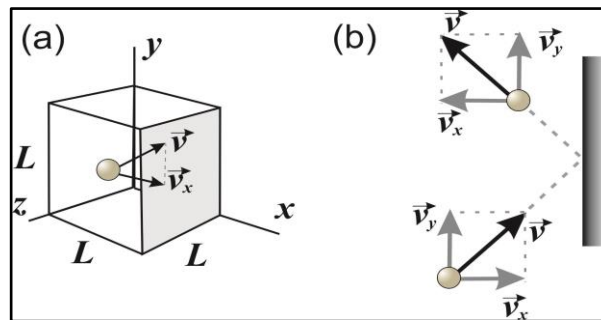
1. O gás tem um número grande de moléculas e o tamanho dessas moléculas é desprezível quando comparado com a distância média entre as moléculas, ou seja, o volume efetivamente ocupado pelas moléculas é bem pequeno em relação ao volume ocupado pelo gás.
2. As moléculas de um gás estão em movimento constante em todas as direções e colidem frequentemente umas com as outras. As colisões entre as moléculas são perfeitamente elásticas. Em outras palavras, a energia é transferida de uma molécula para outra como consequência de uma colisão. No entanto, a energia total das moléculas de um sistema permanece constante.
3. Não há forças atrativas nem repulsivas entre as moléculas de um gás e desse modo elas interagem apenas com as paredes do recipiente que contém um gás.

Essas hipóteses dão uma ideia bastante razoável do que é um gás e tornam possível fazer aferições matematicamente do valor de sua pressão e de sua temperatura, contribuindo para a compreensão do significado físico dessas grandezas.

É possível relacionarmos pressão (grandeza macroscópica) com a energia cinética média das moléculas (grandeza microscópica), da mesma forma que podemos estabelecer uma relação desse tipo entre a temperatura e a energia cinética média das moléculas.

Analisando a colisão de uma molécula de gás com uma das paredes do recipiente que a contém, podemos calcular a variação da quantidade de movimento que ela sofre numa determinada direção e a força que ela exerce sobre a parede, para isso, considere n mols de um gás ideal em uma caixa cúbica de volume V , como na Figura 4. As paredes da caixa são mantidas a uma temperatura T .

Figura 4: (a) Modelo de uma partícula em uma caixa cúbica com lados de comprimento L contendo um gás ideal. (b) A molécula sofre uma colisão elástica com a parede da caixa. Nesta construção, assumimos que a molécula se move no plano xy .



Fonte: Autor

A Figura 4 (a) mostra uma molécula de gás ideal, de massa m e velocidade v , que está prestes a colidir com a parede sombreada. Na figura 4 (b) temos o detalhe da colisão perfeitamente elástica em que há a mudança somente da componente x da velocidade, conseqüentemente o momento linear da molécula é transmitido integralmente para a parede destacada do recipiente. Logo, a única componente do momento que muda é a componente x , que sofre uma variação:

$$\Delta\vec{p}_x = \vec{p}_x - \vec{p}_{x,0} \quad (1)$$

Onde $\Delta\vec{p}_x$ é a variação do momento linear da molécula durante uma colisão, \vec{p}_x é o momento linear após a colisão e $\vec{p}_{x,0}$ é o momento linear antes da colisão. Que em módulo resulta numa variação de:

$$\Delta\vec{p}_x = -(mv_x) - (mv_x) = -2mv_x \quad (2)$$

Onde m é a massa da molécula e v_x é a componente x da velocidade.

A molécula da Figura 4 se choca várias vezes com a parede sombreada. O intervalo de tempo Δt entre colisões é o tempo que a molécula leva para se deslocar até a parede oposta e voltar, percorrendo uma distância $2L$, movendo-se a uma velocidade v_x . Assim, podemos escrever Δt como:

$$\Delta t = \frac{2L}{v_x} \quad (3)$$

Portanto, a taxa média com a qual o momento é transmitido para a parede sombreada é dada por:

$$\frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{2mv_x}{2L/v_x} = \frac{mv_x^2}{L} \quad (4)$$

A força que causa a mudança no momento da molécula na colisão com a parede ocorre somente durante a colisão. Podemos, no entanto, estimar a média da força durante o intervalo de tempo para que a molécula se mova pela caixa e volte. Às vezes, durante esse intervalo de tempo, ocorre uma colisão; então, a variação de impulso para esse intervalo de tempo é igual à da curta duração da colisão. Portanto, podemos reescrever o teorema impulso-momento como:

$$\vec{F} \cdot \Delta t = -2m \cdot v_x, \quad (5)$$

Onde \vec{F} é interpretado como a componente de força média na molécula durante o intervalo de tempo para que a molécula se mova pelo cubo e volte. Como uma colisão ocorre exatamente para cada intervalo de tempo, esse resultado também é a força média de longo alcance sobre a molécula por longos intervalos de tempo contendo um número qualquer de múltiplos de Δt .

A substituição de Δt na equação de impulso-momento nos permite expressar a componente de força média de longo prazo da parede na molécula:

$$\vec{F} = \frac{-2m \cdot v_x}{L} = \frac{-2m \cdot v_x^2}{L} = \frac{-m \cdot v_x^2}{L}, \quad (6)$$

Agora, pela terceira lei de Newton, a componente da força da molécula sobre a parede é igual em módulo e oposta em direção:

$$\vec{F} = -\vec{F} = -\left(\frac{mv_x^2}{L}\right) = \frac{m.v_x^2}{L}, \quad (7)$$

O módulo da força média total \vec{F} exercida na parede pelo gás é encontrada somando-se as componentes de força média exercida pelas moléculas individuais. Adicionando os termos como os anteriores para todas as moléculas:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^N \frac{mv_x^2}{L} = \frac{m}{L} \sum_{i=1}^N v_x^2, \quad (8)$$

Sendo que fatoramos o comprimento da caixa e da massa m , porque a componente 1 do modelo estrutural nos diz que todas as moléculas são as mesmas. Vamos agora impor a condição de que o número de moléculas seja grande. Para um número pequeno de moléculas, a força real na parede variaria com o tempo. Seria diferente de zero durante o curto intervalo de tempo de uma colisão de uma molécula com a parede, e zero quando nenhuma molécula batesse na parede. No entanto, para um número muito grande de moléculas, tal como o número de Avogadro, essas variações em vigor são suavizadas, de modo que a força média é a mesma em qualquer intervalo de tempo. Portanto, a força constante F na parede devida às colisões moleculares é a mesma que a força média \vec{F} apresentando o módulo:

$$F = \frac{m}{L} \sum_{i=1}^N v_x^2, \quad (9)$$

Vamos considerar a forma de expressar o valor médio do quadrado da componente x da velocidade para N moléculas. A média tradicional de um valor é a soma dos valores em relação ao número de valores:

$$\overline{V_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^N V_x^2}{N}, \quad (10)$$

O numerador da equação (10) está contido no lado direito da equação (9). Portanto, combinando a equação (9) com a equação (10), podemos escrever:

$$F = \frac{m}{L} N \cdot \overline{V_x^2}, \quad (11)$$

Podemos fazer previsões sobre a pressão exercida sobre a parede destacada na figura 4 dividindo a força pela área da parede:

$$P = \frac{F}{L^2} \quad (12)$$

Para um número grande de moléculas, N , a equação (12) pode ser escrito como:

$$P = \frac{\frac{mv_{x,1}^2}{L} + \frac{mv_{x,2}^2}{L} + \dots + \frac{mv_{x,N}^2}{L}}{L^2} \quad (13)$$

Ou

$$P = \left(\frac{m}{L^3}\right) (v_{x,1}^2 + v_{x,2}^2 + \dots + v_{x,N}^2). \quad (14)$$

Usando $N = nN_A$, onde n é o número de mols e N_A é o número de avogrado. Cada termo de velocidade na equação (13) pode ser representado pela equação (10), que é o valor médio do quadrado da componente x da velocidade de todas as moléculas já que supomos que o gás é composto por moléculas idênticas, indicaremos por $nN_A (v_x^2)_{méd}$. Para as n mols de moléculas teremos:

$$P = \frac{nmN_A}{L^3} (v_x^2)_{méd}, \quad (15)$$

Sendo, mN_A é a massa molar M do gás e L^3 é o volume, V , do gás, a equação (15) se torna:

$$P = \frac{nM(v_x^2)_{méd}}{V}. \quad (16)$$

O teorema de Pitágoras relaciona o quadrado da velocidade da molécula aos quadrados das componentes da velocidade: $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$. Considerando o grande número de moléculas teremos que as componentes x , y , e z são iguais por argumentos de simetria e isotropia. Logo, v_x , neste modelo pode ser descrito como um terço da velocidade da molécula.

$$P = \frac{nM(v^2)_{méd}}{3V}. \quad (17)$$

O termo $(v^2)_{méd}$ é a velocidade média quadrática, de forma que a equação (17) mostra que podemos identificar a pressão de um gás com base nas colisões que estas suas moléculas em movimento constante e errático.

Podemos interpretar ainda Equação (17) associando a pressão de um gás como sendo proporcional ao número de mols, a massa molar, a velocidade média quadrática e a energia cinética média, sendo a pressão diminuída em função do volume do recipiente.

Para calcular a velocidade média quadrática podemos associar a equação (17) com a equação matemática da Lei dos Gases Ideais,

$$PV = nRT. \quad (18)$$

Onde R é a constante dos gases ideais monoatômicos e T a temperatura do gás. Logo associando as equações (17) e (18):

$$(v)_{méd} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \quad (19)$$

Alguns livros de física de nível superior chamam esta relação de Interpretação molecular da temperatura de um gás ideal (HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J; SERWAY, RAYMOND; NUSSENZVEIG)

As velocidades médias quadráticas dos gases apresentam os mesmos valores para temperatura ambiente, $T = 300$ K. Por exemplo, se calcularmos $(v)_{méd}$ para o hidrogênio na temperatura ambiente, teremos

$$(v)_{méd} = 1,3 \times 10^3 \text{ m/s.} \quad (20)$$

Este valor é 17% da velocidade de escape da terra, como este valor é uma média há uma grande quantidade de moléculas com velocidade muito maiores que podem escapar da Terra. Este fato justifica a ausência de hidrogênio na Terra, uma vez que todo o hidrogênio escapou para o espaço. (SERWAY, RAYMOND; 2015, p.146).

Podemos encontrar a energia cinética translacional associada a N molécula através da equação matemática:

$$E = N \left(\frac{1}{2} m (v)_{méd}^2 \right). \quad (21)$$

Substituindo a equação (19) na equação (21) e usando $M/m = n$, temos que energia cinética translacional é dada pela seguinte relação matemática:

$$E = \frac{3}{2} nRT. \quad (22)$$

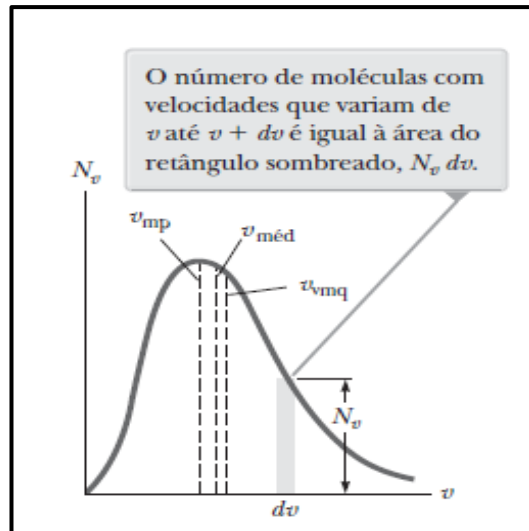
Esta é a energia interna de um gás ideal monoatômico, na forma como é apresentado na maioria dos livros didáticos de física e química. (GASPAR, ALBERTO; VILLAS BÔAS, NEWTON; DOCA, RICARDO HELOU; BICUOLA, GUALTER JOSÉ; CARRON, WILSON; FELTRE, RICARDO).

3.2. Distribuição de velocidades moleculares

James Clerk Maxwell, em 1859, obteve a distribuição das velocidades moleculares num gás em equilíbrio térmico à temperatura T. Como a velocidade quadrática média depende da temperatura, o mesmo deve acontecer com essa distribuição.

A quantidade Nv , chamada função de distribuição Maxwell-Boltzmann da velocidade, é definida a continuação. Se N é o número total de moléculas, o número de moléculas com velocidade entre v e $v + dv$ é $dN = Nv dv$. Este número também é igual à área do retângulo sombreada na figura 5.

Figura 5: A distribuição de velocidade das moléculas de um gás em uma temperatura.



Fonte: Modificado de Serway (2014)

Além disso, a fração de moléculas com velocidades entre v e $v + dv$ é $Nv \cdot dv/N$. Esta fração é também igual à probabilidade de que uma molécula tenha uma velocidade na faixa de v a $v + dv$. A expressão fundamental que descreve a distribuição das velocidades de N moléculas do gás é:

$$N(v) = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \quad (23)$$

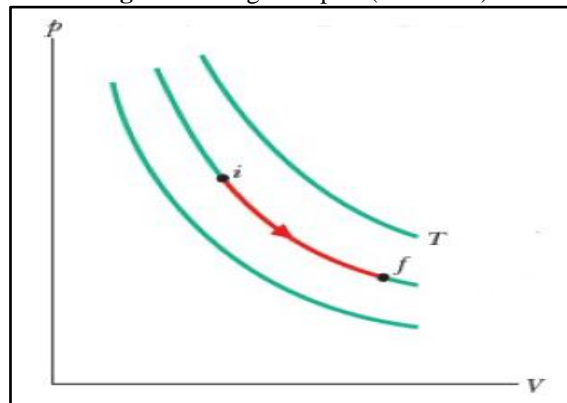
onde m_0 é a massa de uma molécula de gás, k é a constante de Boltzmann e T é a temperatura absoluta. A função Nv se aproxima de zero conforme v se aproxima do infinito.

3.3. Trabalho realizado por um gás ideal a temperatura constante

Uma isoterma é uma curva que liga pontos de mesma temperatura em um diagrama p-V. Assim, é o gráfico da pressão em função do volume para um gás cuja temperatura T é mantida constante. (HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER; 2008).

A figura 6 mostra três isotermas, cada uma correspondendo a um valor diferente (constante) de T . A expansão isotérmica do gás do estado i para o estado f a uma temperatura constante está indicada na isoterma do meio.

Figura 6: Diagrama p-V (Isotermas)



Fonte: Modificado de Resnick et al.,(2008)

Para determinarmos o trabalho realizado por um gás ideal durante uma expansão isotérmica, usamos a seguinte equação:

$$W = \int_{v_i}^{v_f} p \cdot dV \quad (24)$$

A equação (24) é uma expressão geral para o trabalho realizado durante qualquer variação de volume de um gás. No caso de um gás ideal, podemos usar a equação dos gases perfeitos ($pV = nRT$) para eliminar p , o que nos dá:

$$W = \int_{v_i}^{v_f} \frac{n \cdot R \cdot T}{V} dV \quad (25)$$

Como estamos supondo que se trata de uma expansão isotérmica, a temperatura T é constante, de modo que podemos colocá-la do lado de fora do sinal de integração e escrever:

$$W = n \cdot R \cdot T \int_{v_i}^{v_f} \frac{dV}{V} = n \cdot R \cdot T [\ln]_{v_i}^{v_f} \quad (26)$$

Calculando o valor da expressão entre colchetes nos limites indicados e usando a identidade $\ln a - \ln b = \ln(a/b)$, obtemos:

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{v_f}{v_i} \quad (27)$$

Para um processo termodinâmico de expansão, ilustrado na figura 6, V_f é maior do que V_i , de modo que a razão V_f/V_i na equação (27) é maior que 1. O logaritmo natural de um número maior do que 1 é positivo e, portanto, como era de se esperar, o trabalho W realizado por um gás ideal durante um processo termodinâmico de expansão isotérmica é positivo.

No caso de um processo termodinâmico de compressão, V_f é menor que V_i , de modo que a razão entre os volumes na equação (27) é menor que 1. Assim, como era de se esperar, o logaritmo natural nesta equação (e, portanto, o trabalho W) é negativo.

3.4. Primeira Lei da Termodinâmica

A primeira lei da termodinâmica expressa o princípio de conservação de energia de um sistema termodinâmico considerando três formas diferentes de energia: o trabalho mecânico, a variação da energia interna e o calor envolvido no processo. Considere um sistema recebendo calor Q . O calor recebido será transformado integralmente em trabalho W ou integralmente em energia interna ΔU ou ainda uma parte do calor recebido será transformado em trabalho e o restante em energia interna. A equação matemática que rege esses processos é da forma:

$$Q = W + \Delta U \quad (28)$$

O calor absorvido por um sistema é a responsável pela mudança de estado de um gás, e, portanto, pela alteração da pressão, do volume e/ou da temperatura. Tais alterações sempre ocorrem obedecendo o princípio da conservação de energia. Na tabela abaixo, temos um resumo temos um quadro que descreve o comportamento das diferentes transformações termodinâmicas:

Tabela 1: Transformações termodinâmicas

Transformação gasosa	Descrição	Primeira lei da Termodinâmica
Isotérmica	A transformação ocorre com a temperatura constante. $\Delta U = 0$	Todo calor envolvido no sistema é integralmente transformado em trabalho. $Q = W$
Isométrica	A transformação ocorre com a volume constante. $W = 0$	Todo calor envolvido no sistema é integralmente transformado em energia interna. $Q = \Delta U$
Isobárica	A transformação ocorre com a pressão constante.	Uma parte do calor envolvido no sistema será transformado

		em trabalho e o restante em energia interna. $Q = W + \Delta U$
Adiabática	Não há trocas de calor entre o sistema termodinâmico e o meio externo. $Q = 0$	Todo trabalho recebido ou realizado pelo gás é convertido em energia interna do próprio gás. $W = -\Delta U$

Fonte: Própria.

Capítulo 4

PRODUTO EDUCACIONAL

Nesse capítulo descreveremos o produto educacional desenvolvido e aplicado como uma das atividades obrigatórias do MNPEF – SBF.

Nossa proposta é apresentar alguns conteúdos de termodinâmica, tendo como destaque a construção e aplicação de um análogo mecânico para a o estudo de um gás.

O produto educacional idealizado nesse projeto é composto pela construção e aplicação de um análogo mecânico para o ensino da teoria cinética dos gases e um manual de instruções para a aplicação e utilização em sala de aula, com todas as orientações necessárias.

Os análogos mecânicos foram construídos pelos alunos no laboratório de física da escola e os detalhes da sua construção estão disponíveis como apêndice desse trabalho, incluindo o manual de aplicação. O produto traz um manual de aplicação do análogo mecânico em sala de aula, com sugestão de uma sequência de ensino utilizada, sugestões de exercícios de fixação para serem aplicados, como também o link de um simulador virtual.

4.1. Descrição do Produto Educacional

O produto educacional proposto é uma ferramenta pedagógica com o intuito de auxiliar no planejamento de aulas sobre termodinâmicas em processos de gases ideais, tornando-as mais dinâmicas e interessantes.

O produto educacional é constituído de cinco encontros nos quais serão apresentados os seguintes assuntos:

- Temperatura de um gás contido em um recipiente;
- Pressão de um gás contido em um recipiente;
- Relação de volume e pressão sob mesma temperatura;
- Energia cinética média molecular;
- Energia interna de um gás;
- Trabalho termodinâmico;

4.2. Cronograma dos Encontros

A metodologia deste trabalho foi baseada em cinco encontros, distribuídos de acordo com o cronograma da tabela 2:

Tabela 2: Cronograma das etapas para realização do produto educacional com as datas da intervenção didática.

Encontros	ATIVIDADE	PERÍODO
1º	Motivação, apresentação da proposta e aplicação do pré-teste(Questionário). (45 minutos)	27 de setembro de 2019
2º	Utilização de um simulador virtual (Phet) durante a aula teórica para a introdução dos conceitos termodinâmicos.(90 minutos)	30 de setembro de 2019
3º	Montagem e utilização do análogo mecânico relacionando os conceitos termodinâmicos estudados na aula teórica. (90 minutos)	02 de outubro de 2019
4º	Aplicação do pós-teste (Questionário) .(45 minutos)	07 de outubro de 2019
5º	Encerramento das atividades propostas.(Sugestões/ críticas e confraternização).(90 minutos)	09 de outubro de 2019

Fonte: Própria.

4.2.1. Encontro 1: Motivação, apresentação da proposta didática e aplicação do questionário inicial(pré-teste).

O professor inicia e finaliza este encontro na sala de aula .

PLANO DE ATIVIDADES DO ENCONTRO 1

PLANO DE AULA 1

Objetivos gerais :

- Apresentar a proposta didática;
- Motivar os alunos para a física envolvida na proposta didática;
- Aplicar um questionário inicial.

Duração : Uma hora-aula .(45 minutos)

Conteúdo da aula: Não serão trabalhados conteúdos de física, eles serão apenas apresentados de acordo com a proposta didática.

Objetivo específico:

- Motivar os alunos para o desenvolvimento da proposta didática.

Metodologia e estratégia :

- Expor a proposta didática e criar um momento de integração na turma.

Atividades iniciais:

- Apresentação em powerpoint com imagens dos assuntos que serão desenvolvidos.(10 min);
- Apresentação do análogo mecânico montado em funciona.(10 min)
- Aplicação de um questionário inicial.(pré-teste) (Apêndice C) (25 min)

Fechamento :

- Alunos levam o termo de autorização de uso de imagem para assinatura dos pais/e ou responsáveis.
- Professor recolhe o questionário inicial.(Pré-teste)

Recursos: Notebook, projetor multimídia e caixa de som.

4.2.2. Encontro 2: Aula teórica com auxílio de um simulador virtual.

O professor inicia este encontro no laboratório de informática projetando em uma tela, ou na parede um simulador.

PLANO DE ATIVIDADES DO ENCONTRO 2

PLANO DE AULA 2

Objetivos gerais :

- Fornecer subsídios teóricos aos alunos para a compreensão da teoria cinética dos gases.
- Apresentar e utilizar o simulador durante a aula teórica.

Duração : Duas horas-aulas .(90 minutos)

Conteúdo da aula:

- Temperatura de um gás contido em um recipiente;
- Pressão de um gás contido em um recipiente;
- Relação de volume e pressão sob mesma temperatura;
- Energia cinética média molecular;
- Energia interna de um gás;
- Trabalho termodinâmico;

Objetivo específico:

- Discutir as relações e os conceitos de pressão ,volume ,temperatura e quantidade de matéria de um gás.
- Relacionar o volume e a pressão sob temperatura constante.
- Testar o comportamento da relação $PV = nRT$ no simulador, trabalhando com a mudança nos valores de cada variável.
- Relacionar o trabalho termodinâmico com motores a combustão ,refrigeradores etc.

Metodologia e estratégia :

- Alunos seguem e respondem a atividade 1 proposta pelo professor. (Apêndice D)

Atividades iniciais:

- Alunos se dividem em grupos de dois ou três componentes por computador.(5min)
- Apresentação em powerpoint dos conceitos sobre termodinâmica e do simulador .(35 min);
- Alunos se familiarizam com o simulador, compreendendo cada uma das funções disponíveis.(10 min)
- Alunos respondem a atividade 1 proposta.(Apêndice D) (40 min)

Fechamento : Sugestão de leitura do livro didático (GONÇAVES FILHO,AURELIO.FÍSICA VOL.2) página 85

Recursos: Computador , projetor multimídia e caixa de som.

4.2.3. Encontro 3: Montagem e utilização do análogo mecânico .

O professor inicia este encontro no laboratório de Física projetando em uma tela, ou na parede a imagem/fotografia do análogo mecânico.

PLANO DE ATIVIDADES DO ENCONTRO 3

PLANO DE AULA 3

Objetivo geral:

- Montar e utilizar o análogo mecânico durante a aula para a compreensão da teoria cinética dos gases.

Duração : Duas horas-aulas .(90 minutos)

Conteúdo da aula:

- Temperatura de um gás contido em um recipiente;
- Pressão de um gás contido em um recipiente;
- Relação de volume e pressão sob mesma temperatura;
- Energia cinética média molecular;
- Energia interna de um gás;
- Trabalho termodinâmico;

Objetivos específicos:

- Identificar o que representa a temperatura, calor ,volume e pressão no análogo mecânico.
- Discutir as relações e os conceitos de pressão ,volume ,temperatura através do análogo mecânico.
- Relacionar o volume e a pressão sob temperatura constante.
- Identificar o trabalho termodinâmico no análogo mecânico.

Metodologia e estratégia :

- Alunos seguem e respondem a atividade 2 proposta pelo professor. (Apêndice E)

Atividades iniciais:

- Alunos se dividem em grupos de quatro ou três componentes por análogo mecânico .(5min)
- Apresentação em powerpoint da montagem do análogo mecânico .(10 min);
- Alunos manuseiam o análogo mecânico , compreendendo seu funcionamento.(10 min)
- Alunos respondem a atividade 2 proposta.(Apêndice E) (45 min)
- Alunos desmontam o análogo mecânico identificando seus componentes eletrônicos.(10 min).

Fechamento : Sugestão de leitura do livro didático (GONÇAVES FILHO,AURELIO.FÍSICA VOL.2) página 90

Recursos: Análogo mecânico, projetor multimídia ,lousa quadro branco, pinceis e caixa de ferramentas.

4.2.4. Encontro 4: Aplicação de um questionário final. (Pós-teste)

O professor inicia e finaliza este encontro na sala de aula .

PLANO DE ATIVIDADES DO ENCONTRO 4

PLANO DE AULA 4

Objetivo geral :

- Aplicar um questionário final.

Duração : Uma hora-aula .(45 minutos)

Conteúdo da aula: Não serão trabalhados conteúdos de física, apenas aplicação do pós-teste de acordo com a proposta didática.

Objetivo específico:

- Aplicar um questionário final para verificação da aprendizagem dos alunos.

Metodologia e estratégia :

- Alunos respondem ao questionário final.(pós-teste) (Apêndice F)

Atividades iniciais:

- Apresentação e explicação em powerpoint do questionário final .(5 min);
- Aplicação de um questionário final.(pós-teste) (40 min)

Fechamento : Professor recolhe o questionário final. (Pós-teste).

Recursos: Notebook, projetor multimídia, lousa quadro branco e pincéis.

4.2.5. Encontro 5: Encerramento das Atividades

O professor inicia e finaliza este encontro na sala de aula ,anotando as sugestões e críticas em relação a proposta didática apresentada anteriormente. Após as anotações de críticas e sugestões ,o professor realiza outro momento de interação com a turma , através de um simples momento de confraternização.(Opcional)

PLANO DE ATIVIDADES DO ENCONTRO 5

PLANO DE AULA 5

Objetivo geral :

- Avaliação da proposta didática .

Duração : Uma hora-aula .(45 minutos)

Conteúdo da aula: Não serão trabalhados conteúdos de física, apenas sugestões de como o produto pode ser melhorado/aperfeiçoado de acordo com a proposta didática.

Objetivo específico:

- Avaliação da proposta didática através das sugestões e críticas dos alunos, no intuito de melhorar o processo de ensino aprendizagem.

Metodologia e estratégia :

- Alunos avaliam as atividades propostas durante os encontros.

Atividades iniciais:

- Avaliação das atividades propostas .(20 min);
- Momento de confraternização com a turma. (25 min)

Fechamento : Professor recolhe o termo de autorização de uso de imagem com a assinatura dos pais/responsáveis .

Recursos: Notebook, projetor multimídia, e caixa de som.

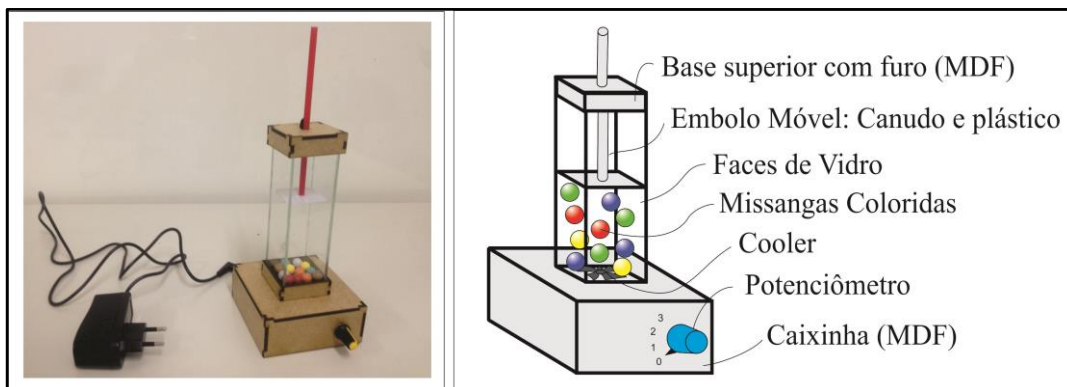
4.3. Construção e montagem do análogo mecânico

Nesta secção descreveremos rapidamente a construção do dispositivo didático por nós construído para auxiliar nos encontros, sendo este uma parte importante do nosso produto.

Construímos um análogo mecânico para o estudo dos gases, no qual é possível simular mecanicamente um gás. A figura 7(a), esquerda, apresenta a foto do nosso análogo mecânico já montado, à direita temos a figura 7(b) esquemática com a identificação dos materiais e equipamentos necessários para a construção da parte visual. Para chegar a este análogo real (figura 7 a) foram realizadas várias tentativas com outros materiais e outras dimensões até chegarmos ao análogo

meccânico final real. Por exemplo, tentamos fazer o agitador com um motor de controle remoto de vídeo game, fizemos várias alturas do vidro, bem como alguns desenhos do circuito controlador, chegando.

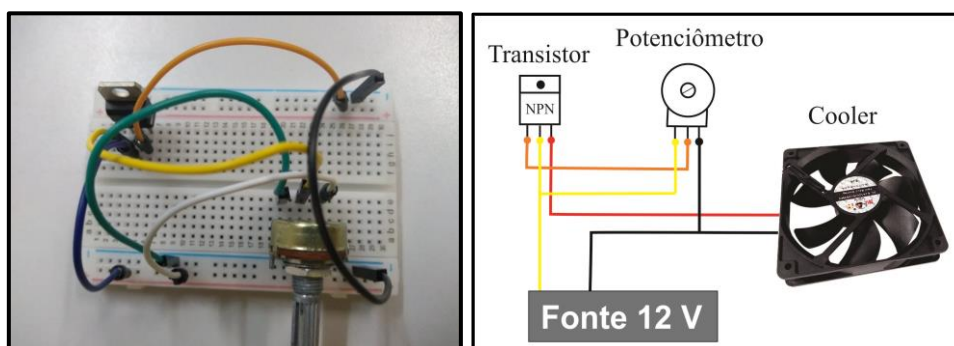
Figura 7: (a) Foto do análogo mecânico. (b) Desenho esquemático do análogo mecânico.



Fonte: Autor

A figura 8 abaixo apresenta o esquema do controlador do agitador, que é necessário para manter as moléculas (missangas em movimento). Este circuito foi montado em um mini protoboard para ficar guardado na parte interna do equipamento.

Figura 8: À esquerda foto do circuito controlador do agitador. À direita figura esquemática do circuito controlador do agitador.



Fonte: Autor

Para a confecção do dispositivo didático de baixo custo foram utilizados os itens descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Materiais utilizados para a confecção do análogo mecânico para o estudo da teoria cinética dos gases.

Quantidade	Materiais
1	Tubo de vidro de base quadrada;(5cm x 15cm)
1	Embolo feito de canudo e tampa plástica de margarina;
1	Caixa em MDF. Há vários lugares que trabalham com corte a laser de MDF a um custo baixo.
1	Tampa em MDF;
1	Agitador (cooler 4 cm). Pode ser obtido em lojas de material de informática e até em sucata. Mesmo um novo o preço é baixo.
10	Miçangas de cores variadas. A quantidade pode variar ao longo do uso, podendo até iniciar com uma e gradativamente ir aumentando. Para uma grande quantidade pode haver o travamento do agitador.
1	Miniprotoboard. Tem que caber na caixa de MDF. O uso do miniprotobord possibilita a fácil manutenção, quem tiver habilitado com solda elétrica pode abrir mão do seu uso.
13	Jumpers. Fios para conexão com o miniprotobord.
1	Transistor Mosfet NPN TIP 106;
1	Fonte de alimentação de 12V-0,5A

Fonte: Própria.

Todos os materiais são facilmente encontrados no mercado. Os vidros devem ser encomendados em vidraçarias e as caixinhas de MDF em empresas que cortam MDF.

Há alguns modelos deste equipamento no mercado, que custa em média sete vezes mais que o nosso análogo. No nosso caso tentamos baixar o custo e manter a construção de forma facilitada para que outros professores interessados possam construir o equipamento. A figura 9 apresenta a fotografia dos dispositivos didáticos prontos para serem usados em uma das etapas do produto educacional.

Figura 9 : Versão final dos 5 análogos mecânicos construídos no laboratório de física da escola no dia da aplicação do produto



Fonte: Própria

O Análogo mecânico permite visualizar o movimento aleatório das partículas do gás, podendo simular as variações de temperatura, volume e quantidade de matéria. Alterando as variáveis de estado, conseguimos explicar o conceito e aplicação das transformações gasosas. (Lei de Boyle-Mariotte, Lei Gay-Lussac e Lei de Charles) (HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J; SERWAY, RAYMOND; NUSSENZVEIG)

A energia cinética é transferida do cooler, que faz girar suas pás, para as miçangas (que simulam as partículas do gás) que se movimentam e se chocam (entre si e com as paredes do vidro) desordenadamente dentro da câmara de vidro. Assim, a temperatura de um sistema gasoso pode ser simulada variando-se a velocidade de rotação das pás do cooler, ou seja, uma maior frequência de rotação das pás do cooler aumenta a energia cinética das partículas e, conseqüentemente, representa um aumento na temperatura do sistema (a velocidade das partículas é observável visualmente).

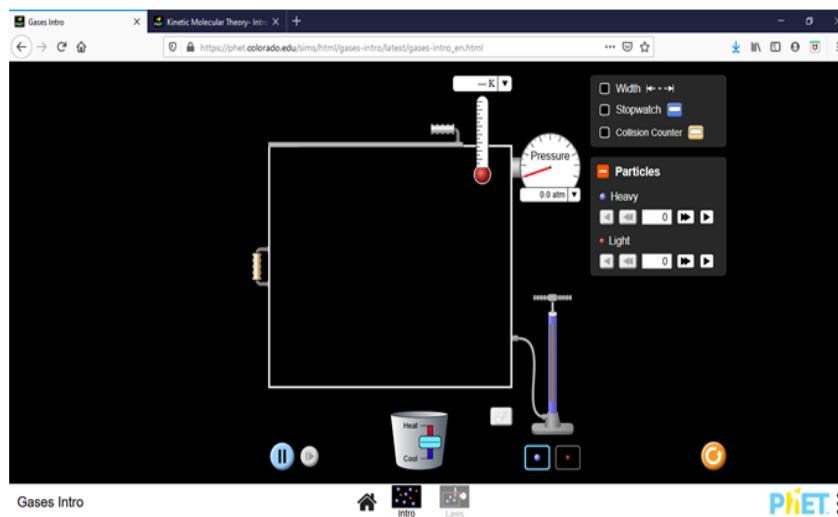
A posição do êmbolo, que define o volume do recipiente, pode ser alterada para demonstrar como a pressão que pode ser identificada pela frequência de colisões entre as miçangas e as paredes do quadrilátero de vidro, é afetada por variações de volume.

Para isso, deixamos o motor em uma velocidade constante (simulando um processo isotérmico) e, ao elevar o êmbolo, aumentando o volume, houve uma diminuição da frequência de colisões (perceptível pelo som). Inversamente, ao se abaixar o êmbolo, a redução do volume do quadrilátero acarretou um claro aumento da frequência de colisões. Uma vez que, as miçangas representam as partículas que compõem o gás, demonstrou-se que, ao se introduzir mais delas no quadrilátero, a frequência de colisões aumentou, ou seja, uma maior quantidade de matéria confinada em um mesmo volume e à mesma temperatura implicará em uma maior pressão no sistema.

4.4. Simulador PHET

O simulador Phet, assim como muitos outros disponíveis na página web do mesmo grupo, foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade do Colorado. Neste simulador, especificamente, podemos controlar as três variáveis de estado de um sistema termodinâmico: pressão, temperatura e volume. Também pode-se controlar o fornecimento e retirada de calor e as dimensões da caixa, além de permitir a visualização da temperatura por meio de um termômetro e acompanhar as mudanças de pressão no sistema. Na Figura 10 podemos ver a interface gráfica deste simulador.

Figura 10: Página inicial do simulador sobre estudo dos gases.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_en.html

Uma sugestão de como usar o simulador Phet em sala de aula encontra-se no apêndice D desta dissertação.

4.5. Questionário inicial (pré-teste)

O Pré-teste é constituído de 13 perguntas subjetivas e tem como afinidade que os alunos, com poucas palavras, têm com conceitos básicos de termodinâmica e alguns conceitos que serão trabalhados, sendo disponibilizado 30 minutos. As perguntas do pré-teste são:

1. O que é um sólido?
2. O que é um líquido?
3. O que é um gás?
4. O que é uma molécula?
5. O que é a temperatura? (Se você achar que para cada um a resposta é a mesma basta responder somente uma)
 - 5.a. Para um sólido;
 - 5.b. Para um líquido;
 - 5.c. Para um gás;
6. O que é volume? (Se você achar que para cada um a resposta é a mesma basta responder somente uma)
 - 5.a. Para um sólido;
 - 5.b. Para um líquido;
 - 5.c. Para um gás;
7. O que é pressão?
8. O que é pressão de um gás?
9. O que é calor?
10. O que é trabalho mecânico?
11. O que é trabalho mecânico de um gás?
12. O que é energia interna de um gás?
13. O que é termodinâmica?

4.6. Questionário final (pós-teste)

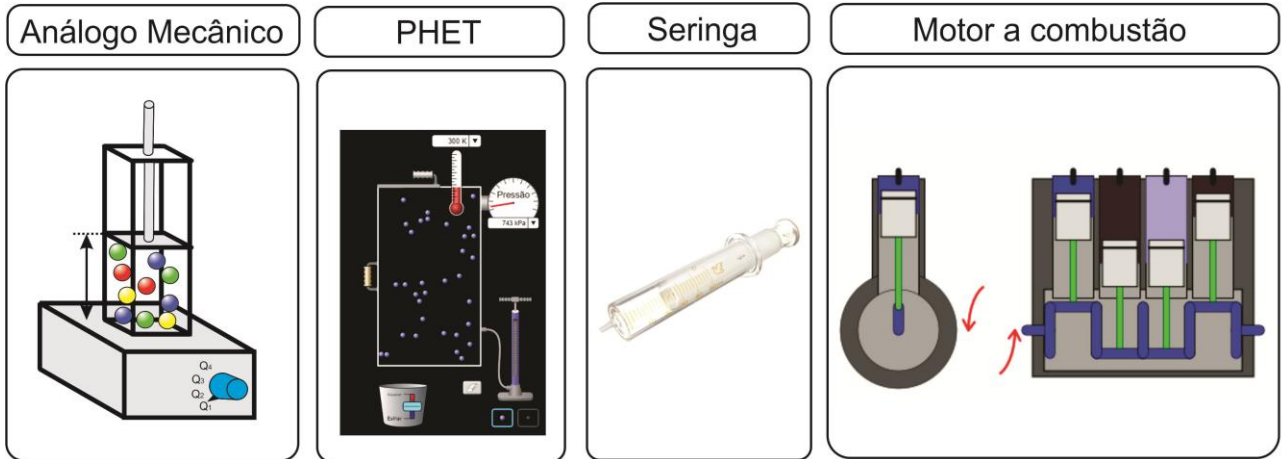
O Pós-teste é constituído de 24 perguntas subjetivas, foram repetidas as 13 primeiras questões do pré-teste e adicionadas mais 11 questões.

A repetição do pré-teste pode apontar as mudanças nas respostas e fazer uma comparação. Estas perguntas estão mais relacionadas a conceitos presentes do cotidiano. As 11 questões seguintes já usam conceitos presentes ao longo da aplicação do produto e estão presentes no ambiente de ensino de termodinâmica e da teoria cinética dos gases. A pergunta 12 do pré-teste se torna a pergunta 14.

As perguntas seguintes são:

13. O que é uma máquina térmica? Informe as máquinas térmicas que você conhece.
14. O que é termodinâmica?
15. A equação $PV = nRT$ é segundo alguns livros a equação geral dos gases. Onde P é a pressão, V é o volume, T a temperatura, n o número de mols e R é uma constante. Comente sobre esta equação.
16. A equação $\Delta E_{int} = Q - W$ é chamada primeira lei da termodinâmica para um processo termodinâmico onde ΔE_{int} é a variação da energia interna Q é o calor absorvido ou cedido no processo e W é o trabalho realizado ou sofrido por um gás. Comente sobre esta equação.
17. O que representa a temperatura?
18. O que representa o volume?
19. O que representa pressão?
20. O que representa o calor?
21. O que representa o número de Mols?
22. O que representa R ?
23. Quais as relações entre as figuras abaixo:

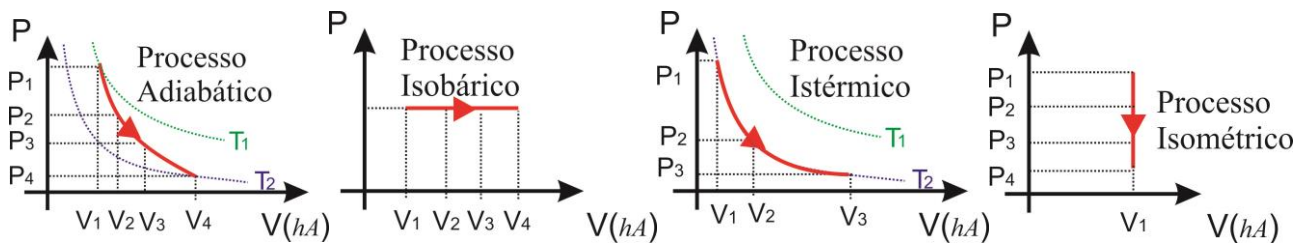
Figura 11: Figura da questão 23 do questionário posterior.



Fonte: Autor

24. (Diagrama PV) Relacione cada um dos processos com o nosso análogo mecânico. Se preferir pode fazer uma figura do equipamento indicando o que você acha que está acontecendo em cada processo.

Figura 12: Figura da questão 24 do questionário posterior.



Fonte: Autor

As perguntas de 17 à 24 trata da relação do dispositivo didático construído com a de um gás ideal, tendo como objetivo comparar as analogias que se pode fazer entre o análogo e um gás ideal monoatômico. Destaco que a questão 23 compara nosso dispositivo com o PHET, com um gás preso em uma seringa e um motor a combustão interna. Neste caso há uma tentativa de identificar se os alunos relacionam o nosso análogo com alguns destes aparatos.

Capítulo 5

APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Nesse trabalho foi investigado a aplicação do produto educacional por nós desenvolvido aos alunos da 2ª série do curso técnico de nível médio integrado em Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Norte, Campus Ipanguaçu, Ipanguaçu/RN, na qual o primeiro autor é professor/mestrando. Em uma turma de 25 alunos com idades entre 15 e 17 anos. A escola é composta por dezesseis (16) turmas de nível médio, distribuídas entre os cursos: Técnicos de nível médio integrado (Informática, Meio ambiente, Agroecologia), sendo (04) turmas de primeiro ano, quatro (04) turmas de segundo ano, quatro (04) turmas de terceiro ano, quatro (04) turmas de quarto ano. O motivo da escolha da turma da 2ª série (Técnico em Informática) da escola citada acima e a intervenção ter sido nessa escola se deu pelo fato do professor pesquisador lecionar nesse estabelecimento, bem como o assunto abordado se referir ao segundo ano do ensino médio, destacamos ainda a dificuldade quando se aborda o tema termodinâmica, e no caso específico da teoria cinética dos gases

Utilizamos a sequência já descrita no capítulo 4, o análogo mecânico no ensino de conteúdo de termodinâmica em algumas fases da aplicação do produto, seguindo uma sequência didática de ensino onde o mesmo foi utilizado em sala de aula após o uso de um simulador virtual e uma seringa de plástico, os detalhes serão expressados posteriormente, os alunos fizeram observações e anotações durante a aplicação do produto. Nessa investigação o análogo mecânico foi utilizado como um facilitador no processo de ensino-aprendizagem dos educandos do ensino médio, referente aos conceitos iniciais sobre termodinâmica, os resultados obtidos durante a intervenção foram usados para elaborar hipóteses que possibilitem uma melhoria no ensino da teoria cinética dos gases.

5.1. Primeiro Encontro:

O primeiro encontro foi realizado numa sala de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Norte, Campus Ipanguaçu, Ipanguaçu/RN em 27 de setembro de 2019, tivemos a presença de 20 alunos. Antes da aplicação do questionário inicial, houve uma conversa com a turma no sentido de motivar os alunos para o desenvolvimento da proposta didática, com também retirar algumas dúvidas a respeito do conteúdo que iria ser desenvolvido durante a aplicação do produto educacional.

5.2. Segundo Encontro:

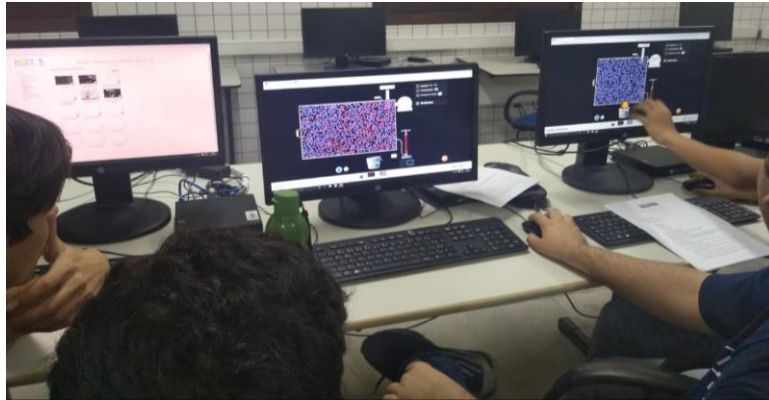
O segundo encontro foi realizado no laboratório de informática 2 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Norte, Campus Ipanguaçu, Ipanguaçu/RN em 30 de setembro de 2019, onde tivemos a presença de 20 alunos.

Neste encontro foi apresentado o simulador PHET que serviu como uma ferramenta para a aula teórica sobre a Teoria cinética dos gases. Os alunos foram orientados pelo professor a utilizar o simulador Phet através de um roteiro para a aula (disponível no apêndice B), no qual foi utilizado como sugestão e complementação da aula para a percepção de assimilação dos conteúdos em pauta.

Foi entregue a sugestão de roteiro para a aula sobre teoria cinética dos gases, o professor pediu para que os alunos se dividissem em grupos de dois ou três integrantes e entregou uma cópia do roteiro a cada grupo. Os alunos foram convidados a se “espalharem” pelo laboratório de informática da escola, cada grupo de alunos ficou em um determinado lugar do laboratório de informática, na Figura 13, percebe-se um grupo de alunos utilizando o simulador virtual no laboratório de informática 2 da escola.

A figura 13 apresenta os alunos trabalhando com o PHET no laboratório de informática.

Figura 13: Alunos fazendo uso de um simulador virtual



Fonte: Autor

5.3. Terceiro Encontro:

No dia 02 de outubro de 2019 aconteceu o terceiro encontro na turma no laboratório de física da escola, onde houve a participação de 20 alunos. Nesse momento, o professor pediu para que os alunos se dividissem em grupos. Com o auxílio do manual de construção e utilização do análogo mecânico(disponível no apêndice B), os alunos montaram o análogo mecânico seguindo o seu passo a passo, e logo em seguida, foi sugerido pelo professor que cada componente do grupo ficasse responsável por alguma tarefa, foi sugerido que: Um aluno controlava o número de bolinhas (miçangas) que iria ser introduzidas no tubo de vidro do análogo mecânico, outro aluno ficava responsável para girar o potenciômetro (aumentar ou diminuir a temperatura), outro ficava responsável em mover o êmbolo para cima e para baixo (variar o volume) e os demais alunos analisavam e tentavam entender os conceitos físicos envolvidos na atividade.

Foi um encontro bastante participativo, notou-se um interesse dos grupos em montar e manusear o análogo mecânico. O professor entregou uma sugestão de atividade para cada grupo de alunos(disponível no apêndice E), onde eles puderam manusear o análogo mecânico e discutir conceitos físicos tais como: Pressão, volume, e temperatura de uma amostra de gás, energia cinética etc. Durante o manuseio do análogo mecânico pelos alunos, o professor registrou alguns comentários.

A aluna M.L.S.S fez o seguinte comentário: “Faz mais barulho quando colocamos mais bolinhas dentro do vidro, elas batem mais umas nas outras”. De certa forma a aluno assimilou o aumento da intensidade sonora do dispositivo com a pressão do gás.

Já o aluno L.C.A.N. comentou: “ É uma grande maneira de interação entre a parte teórica da física com a prática, o simulador serviu como uma ponte que une a teoria e prática na Física” . Logo podemos atribuir que houve uma reação positiva do aluno pela intervenção pedagogia e o uso do equipamento.

A aluna L.G.G comentou: “Creio que deu para entender, tornar palpável um conhecimento que vai além do que é visível, facilitou a aprendizagem, dinâmico e didático, entendi melhor movimento das partículas modificando as variáveis de estado”. O aluno V.O.M fez o seguinte comentário: “Muito intuitivo, achei uma ferramenta boa, facilita o entendimento sobre as relações de volume, pressão e temperatura do gás”. E o aluno R.T.M.F comentou: “Creio que seja um ótimo apoio para os estudos, devido estar perto da experiência”. Estas três falas têm relação com a satisfação e com o interesse dos alunos frente ao uso do análogo.

Percebe-se até então que essa dinâmica de usar o análogo mecânico em sala de aula tornou a aula mais dinâmica e atrativa, controlando até as conversas paralelas que corriqueiramente acontecem em turmas de ensino médio, mostrando assim que o análogo mecânico é uma ferramenta facilitadora na compreensão dos conteúdos sobre a termodinâmica.

Após o manuseio do análogo mecânico no laboratório de física, o professor convidou a turma para se dirigir a uma sala de aula para aplicação do pós-teste, que foi entregue a cada aluno presente na sala. Em seguida houve o encerramento do encontro com um momento de confraternização e agradecimentos pelo trabalho de pesquisa. Logo houve uma grande interação na turma durante todo o trabalho utilizando o análogo mecânico como ferramenta facilitadora na aprendizagem e uma grande satisfação dos mesmos com essa metodologia. O análogo mecânico torna-se uma ferramenta eficaz, pois prende a atenção do aluno e os torna sujeitos principais da aprendizagem.

5.4. Quarto Encontro:

O quarto encontro com a turma aconteceu numa sala de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Norte, Campus Ipanguaçu, Ipanguaçu/RN no dia 07 de outubro de 2019, onde tivemos a presença de 15 alunos.

Antes da aplicação do questionário final, o professor apresentou e explicou em powerpoint cada pergunta do questionário. Durante a explicação, os alunos notaram que houve a repetição de algumas questões do questionário inicial (pré teste), o professor explicou que essa ideia fazia parte da proposta de intervenção. Em seguida, o professor pediu que os alunos organizassem as cadeiras em fila para a aplicação do questionário final. A duração total do encontro foi de 50 minutos, 10 minutos a mais conforme o planejado devido a quantidade de questões a serem respondidas.

5.5. Quinto Encontro:

O quinto e último encontro com a turma aconteceu no dia 09 de outubro de 2019 numa sala de aula do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Norte, Campus Ipanguaçu, Ipanguaçu/RN onde tivemos a participação de 15 alunos.

Nesse momento, o professor aproveitou para agradecer a cada um dos alunos participantes pela importância na contribuição do trabalho desenvolvido durante os encontros. Foi um momento importante onde o professor pôde receber críticas e sugestões dos alunos em relação às aulas e atividades desenvolvidas durante os encontros.

Logo em seguida, o professor recolheu o termo de autorização de uso de imagem com a assinatura dos pais/responsáveis, após isso, houve o encerramento do encontro com um momento de confraternização com os alunos presentes. (Figura 14)

Figura 14: Momento de confraternização com a turma.



Fonte: Autor

Capítulo 6

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão realizadas análises dos dados obtidos ao longo da intervenção didática, com o objetivo de verificar qualitativamente e de alguma forma mensurar a eficiência de nosso produto educacional. Realizaremos análises das respostas dos testes bem como da interação dos alunos ao longo da aplicação do produto por meio das impressões dos alunos de algumas falas deles bem como as respostas dos testes descritos anteriormente em algumas respostas pré-selecionadas. Consideraremos os quinze alunos que participaram de todos os encontros e usaremos suas respostas para nos apontar se houve uma boa assimilação e usaremos quando considerarmos relevantes a transcrição de algumas de suas respostas.

6.1. O que é um gás?

Ao analisar as três primeiras perguntas os alunos pensam no conceito de sólido, líquido e gasoso, destacando o gás que é nosso objeto de estudo. Nas respostas há um indicativo de que os alunos pensam nos três em termos da distância entre as partículas/moléculas de cada um, sendo os mais afastados e agitados para o gás. Há também a ideia da definição do volume de cada um sendo o mais definido para o sólido em seguida o líquido e o gasoso por último bem como a fluidez. Não falando em agitação cinética.

Encontramos nas respostas das questões posteriores em relação ao anterior a aplicação do produto um indicativo do entendimento um gás há um movimento cinético constante o aluno MLS diz no pré e no pós teste respectivamente:

“É uma substância composto por moléculas que ocupam um determinado ambiente por completo”

“É uma substância onde suas partículas estão em constante movimento dependendo dos fatores externos exercidos neles”.

Esta alteração da resposta pode ser atribuída ao uso do análogo onde está bem clara a ideia de que as partículas de um gás estão em constante movimento. Nestas respostas, especificamente, temos indícios de que o aluno parte das ideias de volume e fluidez e passa a falar em movimento cinético para o gás.

6.2. O que é temperatura?

Há na maioria das respostas anteriores e posteriores a relação com a agitação das partículas/moléculas, sendo igual para o sólido, líquido e para o gás.

6.3. O que é pressão de um gás?

No questionário final, há quatro alunos que relacionam a pressão de um gás com as colisões internas e com a parede do recipiente, usando recorrentemente palavras como: choques, colisões, colisão com a parede. Abaixo duas respostas:

“É a quantidade de choque que ocorrem entre as moléculas”, diz JPOC. Já RTMF diz “Quantidade de colisões feita na superfície que o gás está contido”. Os dois anteriores responderam o questionário inicial respectivamente: “É uma variável de estado que altera as vibrações das moléculas do gás” e “A pressão de um gás é a relação das forças em que as partículas atinge determinado espaço em que o gás esteja”.

Desancando que anteriormente as maiorias das respostas estavam relacionadas a definição matemática da pressão, $P = F/A$, provavelmente vistas pelos alunos nas aulas de mecânica clássica. Onde P é pressão, F a força aplicada sobre uma área A . Por exemplo o aluno LEPS responde “É a força exercida por um gás em determinada área”.

Neste momento analisaremos questões que são exclusivas do teste final, não tendo como comparar com respostas anteriores

6.4. O que representa a temperatura relacionada ao análogo mecânico?

Doze alunos relacionaram a temperatura ao potenciômetro, talvez isto se deu por ser este o regulador do agitador, E somente três relacionaram a agitação das missangas. Por exemplo:

JPOC responde “A agitação das bolinhas”, já DGSO, “A rotação do potenciômetro alterando a velocidade de movimento das miçangas”.

Mesmo assim podemos destacar que todos fazem menção de uma certa forma a agitação, seria querer muito que os alunos em tão pouco tempo de uso do análogo já identificassem todas as suas partes.

6.5. O que representa o volume para análogo mecânico?

Sete alunos em suas respostas indicaram que o volume está associado ao espaço interno do recipiente onde as bolinhas se movem enquanto oito associaram o volume ao número de bolinhas.

6.6. O que representa a pressão para o análogo mecânico?

Sete alunos consideraram que a pressão era representada pelo êmbolo móvel, ou partes dele, interpretando a pressão como um ente externo ao nosso análogo do gás, e que seria exercida ou controlada externamente. Abaixo algumas das respostas que mostram esta interpretação:

MLS – “A pressão é representada pelo canudo juntamente com o papel ao pressionar sob as bolinhas de gude”.

LCAN – “O êmbolo junto com as bolinhas e potenciômetro”.

MLSS – “É representada pelo canudo que controla se a pressão será maior ou menor”.

Vemos o uso de partes do êmbolo, papel, que deve ser o plástico fino interno colado ao canudo que fica em contato com as missangas.

Outros sete alunos associaram a pressão com as colisões internas e com as paredes do recipiente e com a parte interna do êmbolo móvel.

KDRB – “O fato das bolinhas empurrarem o teto”.

LEPS – “As colisões entre as bolinhas e dessas com as paredes do recipiente”.

JPPF – “A quantidade de colisões das moléculas no recipiente”.

RTMF – “A intensidade das colisões nas paredes do vidro ou do êmbolo”.

Identificamos uma boa correlação entre o análogo e o conceito que estávamos interessados, neste caso a pressão.

6.7. Quais as relações entre as figuras na questão 23?

As figuras da pergunta dizem respeito as figuras contidas na figura 11 . E tem como objetivo identificar se os alunos conseguem fazer associações entre o análogo, o experimento PHET, a seringa e um motor de combustão interna. A maioria identificou correlações entre as figuras, mas não entre todas, enumerando correlações entre duas ou três e associando a grandezas estudadas.

JPOC separa as figuras, identificando correlações, mas não entre todas ele responde: “Os dois primeiros são o mesmo sistema, os três primeiros possuem uma maneira de variar o volume e os dois primeiros e o último podem converter calor em energia”. Já MLS enumera: “a primeira, volume, moléculas, a segunda, moléculas, pressão, a terceira pressão, volume e a última não conheço”. MLS tenta identificar grandezas associadas a cada figura, e destaca ainda que não identifica a figura esquemática de um motor de combustão interna.

Para os alunos que associaram as quatro figuras destacam alguns. PRLMS comentou que as quatro figuras estão correlacionadas e alguma forma, de modo que utiliza “pressão, volume e temperatura” em seus processos ele afirma: “São todos mecanismos que realizam o mesmo processo utilizando das mesmas grandezas: pressão, volume e temperatura”. E LMSL diz que todas as figuras apresentam êmbolos que sofrem pressão, “A pressão exercida por alguns êmbolos”. Tivemos mais dois alunos que afirmaram que as todas as figuras apresentam uma certa correlação, como LKAN, “Todas fazem relação com a expansão do gás, sendo cada uma das imagens o recipiente e volume”. Já KDRB é bem econômico: “Todas trabalham com pressão”.

6.8. Quais as relações entre as figuras na questão 24?

A questão 24 se refere a figura 12, e diz: (Diagrama PV) Relacione cada um dos processos com o nosso análogo mecânico. Se preferir pode fazer uma figura do equipamento indicando o que você acha que está acontecendo em cada processo.

E tinha como objetivo identificar se os alunos conseguem associar os processos no diagrama PV, com processos que poderiam ser identificados em um gás e no análogo. O análogo comercial promete ser possível construir as quatro figuras, há um vídeo na internet em que há a explicação de

como realizar o procedimento, mas não é realizado no vídeo. Já adiantando, uma perspectiva deste trabalho é conseguir construir estas quatro figuras com o uso do análogo, mas teremos que construir mais alguns protótipos e realizar mais testes, mas por enquanto interpretaremos o que os alunos escreveram sobre estas perguntas.

Vemos que a alguns alunos apresentam uma certa familiaridade com o assunto, mas no momento de comparar com o que aconteceria no caso do êmbolo não conseguem descrever bem. PRLMS responde: “Primeiro, processo adiabático, as bolinhas diminuiriam, assim como a altura do êmbolo. Segundo, no processo isobárico a altura do êmbolo permaneceria a mesma. Terceiro, processo isotérmico, a altura do êmbolo diminuiria, assim como o espaço ocupado pelas bolinhas. Quarto, processo isométrico a altura do êmbolo diminuiria, mas o espaço ocupado pelas bolinhas seria o mesmo”.

Vemos que já há uma afirmação de que as bolinhas podem diminuir junto com a altura do êmbolo, podendo ser uma ideia de que as moléculas são compressíveis ou uma dificuldade de se expressar. Mesmo assim, está errada esta ideia pois a figura mostra uma expansão, aumento do volume, enquanto pressão diminui. No segundo, há uma clara confusão entre volume e pressão, associando a pressão constante a manutenção da posição do êmbolo.

JPOC responde: “1 – Alterar o êmbolo com o potenciômetro no mesmo local; 2 – Alterar a posição do êmbolo; 3 – Alterar o êmbolo com o potenciômetro no mesmo local; 4 – Alterar o potenciômetro. Em 1 há um bom indício, pois o mesmo associou o adiabático, ou seja, troca de calor zero a manutenção do potenciômetro na mesma posição, alterando externamente a posição do êmbolo. Este aluno já tinha associado o potenciômetro anteriormente ao calor, respondendo à pergunta, o que representa o calor? Com a resposta: “O potenciômetro que fica embaixo da estrutura de vidro”. Já em 2 mudança, externa, de posição do êmbolo deve ser dada somente pela mudança do potenciômetro, sem tocar no êmbolo, logo neste caso ele não foi feliz, ou não se expressou corretamente. Em 3 já há uma associação entre o potenciômetro e a temperatura. E 4 também não há uma boa correlação.

Capítulo 7

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Neste trabalho foi apresentada uma proposta de aprendizagem de física relacionada aos conceitos iniciais sobre a Termodinâmica no Ensino médio integrado regular. Para isso, utilizamos um análogo mecânico que simula o comportamento de um gás ideal, foi utilizado um simulador virtual para facilitar no processo de ensino aprendizagem. A motivação para um trabalho desse tipo foi em trazer mais uma ferramenta que facilite o processo de ensino aprendizagem, e que possa ser construída e aplicada principalmente no ensino público rompendo o tradicionalismo ainda presente nas escolas do nosso país.

O referencial teórico foi a Teoria da aprendizagem mediadora de Lev Vygotsky, na qual se considera que o sujeito aprende por interação. Esse referencial vai ao encontro do que se propôs, pois para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo do indivíduo se solidifica dependendo da interação social dele com outros indivíduos e com o meio, gerando novas experiências e novos conhecimentos.

Como resultado, a avaliação da proposta é positiva, tanto em termos de aprendizagem como em termos motivacionais. Observou-se que o análogo mecânico, conseguiu atingir os seus objetivos, pois analisando as discursões que os mesmos fizeram durante as aulas e as análises dos questionários, percebeu-se uma melhoria na qualidade de algumas das respostas comparando-se os primeiros questionários (pré-teste) com os posteriores(pós-testes).Nota-se que houve uma facilidade para a aprendizagem com a aplicação desse produto educacional em relação aos conceitos iniciais da Termodinâmica

Apesar das limitações do equipamento em relação a alguns conteúdos da Termodinâmica , houve uma grande interação dos alunos durante a montagem e aplicação do análogo mecânico em sala de aula, obtendo-se elogios e sugestões por parte deles. Todavia devemos estar cientes que o processo de ensino não se limita somente a construção e aplicação do análogo mecânico em sala de aula, deve-se utilizar outras ferramentas de ensino para uma aprendizagem satisfatória e que o análogo mecânico é só mais uma boa ferramenta para ser utilizada. As dificuldades de interpretação dos alunos

estão presentes na avaliação, mesmo assim estas impressões são uma excelente ferramenta para o uso futuro do análogo de forma que estes erros e confusões de interpretação possam ser sanados.

Percebendo o grande interesse dos educandos por essa ferramenta, isso faz com que o professor pesquisador se estimule cada vez mais a utilizar ferramentas educacionais e/ou recursos didáticos na disciplina de física e até em outras disciplinas, desde então passamos a organizar melhor as nossas aulas e entender que o aluno é o centro do processo, onde o professor é um ator coadjuvante e um mediador do conhecimento.

Para finalizar, é importante ressaltar que, o programa do MNPEF proporcionou novas visões de como ensinar com maneiras alternativas/ baixo custo e aplicar no ensino público. Acredita-se que as pesquisas proporcionam novas maneiras de melhorar cada vez mais o ensino de física e o desenvolvimento de produtos educacionais diversificados, tornando as aulas de física mais dinâmicas e prazerosas.

REFERÊNCIAS

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

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, p. 176, 2003

BIGHETTI, R. C (2016). Aplicação da Modelagem no Estudo da Teoria cinética dos gases .Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Departamento de Química. Bauru : UNESP

BONADIMAN,H.;NONENMACHER,S.E.B.O gostar e o Aprender no Ensino de Física: Uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**,v.24,n.2,p.194-223,2007.

BRASIL,M. D. E. PCN+ Ensino Médio : **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica/MEC ,Brasília , 2002.

BAGNATO,V.S ;RODRIGUES,V. **Análogo mecânico para condutividade elétrica do materiais**: efeito da temperatura .Rev. Brasileira de Ensino de Física ,vol. 28, nº 1 , p.35-39 (2006)

BAGNATO, V. S. Análogo mecânico da Lei de Ohm. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, n. 1-4, p. 129-131,1994.

CIDEP. **Conjunto teoria cinética dos gases com transdutor eletromagnético**. Disponível em: cidepe.com.br/index.php/br/produtos-interna/conjunto-teoria-cinetica-dos-gases-com-transdutor-eletromagnetico-3612. Acesso em: 10 fev. 2020.

EDUCAR. **Kit Termodinâmica**: Entendendo a Natureza dos gases. 2020. Disponível em: <https://www.educarecompanhia.com/kit-termodinmica>. Acesso em: 10 fev. 2020.

FELTRE, R. **Química** – Volume 2. 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17^a. ed.: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. 25^a. ed. : Paz e Terra, 1996.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE DEMONSTRAÇÕES EM SALA DE AULA: UMA ANÁLISE SEGUNDO O REFERENCIAL DA TEORIA DE VYGOTSKY. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10(2), p. 227, 2005.

GASPAR, A. ;MONTEIRO , I.C.D.C. Atividades Experimentais de Demonstrações em Sala de Aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências** , v.10 ,n.2 , p.227-254,2005.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física – Ondas, Óptica e Termodinâmica**. 2. ed. Vol. 2. São Paulo: Ática, 2013

GASPAR, Alberto. **Onda, Óptica e Termodinâmica**. 3. ed. vol. 3. São Paulo: Ática, 2015.

GASPAR, Alberto. **Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física,2014.

GLYNN, S. M. Making science concepts meaningful to students: **teaching with analogies**. In: MIKELSKIS-SEIFERT, S.; RINGELBAND, U.; BRÜCKMANN, M. (Eds.), Four decades of research in science education: from curriculum development to quality improvement. Münster, Germany: Waxmann, 2008, p. 113-125. Disponível em: <http://www.coe.uga.edu/twa/index_printer.html>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020

JUNIOR, F. R.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. **Os Fundamentos da física**. 7. ed. São Paulo: Moderna, 1999.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: Gravitação , Ondas e Termodinâmica**: 9 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2008. v. 2.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**: 9 ed. São Paulo: Bookman, 2002.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. Portal MEC, 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 01 setembro de 2019.

MOYSÉS NUSSENZVEIG. **Curso de Física 2: Fluidos, Oscilações e Calor**. 5a ed. – São Paulo : Blücher, 2014.

MOREIRA, M. A. O ENSINO EXPERIMENTAL E A QUESTÃO DO EQUIPAMENTO DE BAIXO CUSTO. **Revista Brasileira de Ensino de Física**: Saberes Necessários à Prática Educativa, [s. l.], v. 13, p. 97-103, 1991.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 22, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, A. M. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. In: **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo, 1999. p. 151-165.

MOYSÉS, L. **Aplicações de Vigotski à Educação Matemática**. 11ª ed. Campinas: Papirus, 2010.

NASCIMENTO, S. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Polyphonia**, v. 24, p. 255, 2013.

OLIVEIRA, M.K.D. Vygotsky: **Aprendizado e desenvolvimento um processo sócio histórico**. São Paulo: Scipione, 1993, 111 p.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M.; MATEO, J.; BONAT, M. Uma proposta didáctica basada em la investigación para el uso de analogias em la enseñanza de las ciências. **Enseñanza de las Ciéncias**, v. 19, n. 3, p. 453-470, 2001.

OLIVA ,J. M. El pensamiento analógico desde la investigación educativa u desde la perspectiva del profesor de ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n. 3, 2004.

PFISTER, H. The Sponge Model – A Hydrodynamic Analog to illustrate ohm’s law, the Resistor Equation $R=\rho.l/A$, and Resistors in Series and Parallel. **The Physics Teacher** v.52, p.270,2014.

PHET Interative Simulations, 2019. Página Inicial, Disponível em <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics>. Acesso em 30 de setembro de 2019.

SBF. **MNPEF**. [S. l.], 2020. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SERWAY, RAYMOND A.; JR, JOHN W. JEWETT. **Princípios de Física: Oscilações, Ondas e Termodinâmica** : 5 ed. São Paulo : Cengage Learning,2014.

TAVARES, M. C.; BOAS, M. C. F.; OLIVEIRA, P. M. C. A mechanical analogy for Ohm’s law. **Phys. Educ.**, [s. l.], v. 26, p. 195, 1991.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Pensamento e Linguagem**. Edição eletrônica: Ed Ridendo Castigat. Janeiro de 2002.

VIGOTSKY,L.S . **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra.2ª ed. São Paulo: WMF Martins,2009. 496.p.

VIGOTSKY,L.S . **Psicologia Pedagógica**. São Paulo. Martins Fontes,2001