

João Michels Cardoso

PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS VARIÁVEIS DE  
ESTADO DE UM GÁS IDEAL COM USO DO ARDUINO

Dissertação de Mestrado submetida  
ao Programa de Pós-Graduação em  
Ensino de Física da Universidade  
Federal de Santa Catarina para a  
obtenção do Grau em Mestre em  
Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo  
Zannin da Rosa

ARARANGUÁ  
2019

Cardoso, João

Proposta Didática Para o Ensino das Variáveis de Estado de Um Gás Ideal com Uso do Arduino / João Cardoso ; orientador, Marcelo Zannin da Rosa, 2019. 129 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Araranguá, 2019.

Inclui referências.

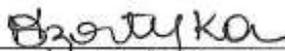
1. Ensino de Física. 2. Ensino de Física. 3. Aprendizagem Significativa. 4. Arduino. I. Zannin da Rosa, Marcelo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

João Michels Cardoso

**PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS VARIÁVEIS DE  
ESTADO DE UM GÁS IDEAL COM USO DE ARDUÍNO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de  
“Mestre em Ensino de Física”, e aprovada em sua forma final pelo  
Programa Pós-Graduação em Ensino de Física.

Araranguá, 08 de março de 2019.

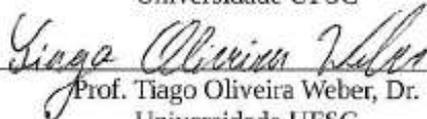


Prof. Marcia Martins Szortyka, Dra.  
Coordenadora do Curso

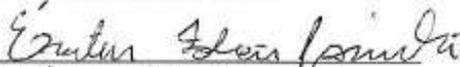
**Banca Examinadora:**



Prof. Marcelo Zannin da Rosa, Dr  
Orientador  
Universidade UFSC



Prof. Tiago Oliveira Weber, Dr.  
Universidade UFSC



Prof. Éverton Fabian Jasinski, Dr.  
Universidade UFSC



Prof. Maurício Girardi, Dr.  
Universidade UFSC



## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, primeiramente, pelo dom da vida.

À minha família, especialmente a minha mãe Márcia, responsável pela minha educação.

À minha noiva Renata, pela compreensão e apoio nos momentos mais difíceis.

Ao professor Marcelo Zannin da Rosa, por todo conhecimento disponibilizado e pela orientação nesse trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina, especialmente aos professores que me auxiliaram na minha formação acadêmica e profissional.

Aos amigos Mário Boppré, Jonas Pacheco Joaquim e Fátima Marcomin pela gentileza e apoio na elaboração do trabalho.

A todos os meus amigos do mestrado, que fizeram esse trajeto de estudo junto comigo.

Aos meus colegas de trabalho dos Colégios São José e Dehon, que me ajudaram em diversos momentos.

Aos alunos do Segundo Ano do Colégio Dehon, pela participação construtiva na aplicação do projeto.

A todos aqueles que de alguma forma me auxiliaram e apoiaram para concluir com êxito essa etapa da minha formação.



## RESUMO

Por se tratar de uma ciência amplamente aplicada nos ramos tecnológicos, é essencial que a física seja ensinada a partir de demonstrações dos fenômenos e relacionando a teoria e prática. No entanto, por motivos de falta de estrutura, capacitação, tempo, entre outros fatores, os professores optam por aulas puramente expositivas. De maneira geral, verifica-se que, dessa forma, os alunos não se interessam pela disciplina e absorvem o conhecimento de forma mecânica. O presente estudo objetivou a construção de um produto educacional de baixo custo, utilizando a plataforma Arduino, para demonstrar a relação entre as variáveis de estado de um gás ideal e analisou sua aplicação em uma sequência didática sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Os resultados demonstraram que, mesmo com materiais simples, é possível a construção de um aparato experimental capaz de extrair dados quantitativos e sua utilização em aula pode contribuir na construção do conhecimento de forma potencialmente significativa. Através da observação direta, resolução de situações problema e aplicação de um questionário, foi observado que a atividade foi capaz de melhorar o interesse e a compreensão pelo assunto abordado e os dados coletados sugerem que houve aprendizagem significativa por parte dos alunos.

**Palavras-chave:** Física; Experimentação; Aprendizagem significativa.



## ABSTRACT

Since it is a widely applied science in the technological fields, it is essential that physics may be taught from demonstrations of phenomena and relating theory and practice. However, for some reasons like lack of structure, training, time, among other factors, teachers choose mainly expository classes. In general, it is verified that, in this way, the students are not interested in the subject and absorb the knowledge in a mechanical way. The present study aimed at the construction of a low cost educational product using the Arduino platform to demonstrate the relationship between the state variables of an ideal gas and analyzed its application in a didactic sequence in the light of Ausubel's Significant Learning Theory. The results showed that, even with simple materials, it is possible to construct an experimental apparatus capable to extract quantitative data and its use in class can contribute to the construction of knowledge in a potentially significant way. Through direct observation, resolution of problem situations and application of a questionnaire, it was observed that the activity was able to raise students interest and improve their understanding of the subject and the data collected suggest that students experienced significant learning.

**Key-Words:** Physics; Experimentation; Meaningful Learning.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Transformação Isotérmica. ....	24
Figura 2 - Transformação Isobárica. ....	25
Figura 3 - Transformação Isocórica. ....	26
Figura 4 - Teoria da Assimilação .....	30
Figura 5 - Mapa conceitual da teoria de Ausubel.....	33
Figura 6 - A placa Arduino - Modelo UNO R3.....	37
Figura 7 - Fluxograma do algoritmo. ....	41
Figura 8 - Plataforma em MDF. ....	44
Figura 9 - Cilindro de PVC. ....	45
Figura 10 - Tampas de PVC.....	46
Figura 11 - Anéis de borracha para vedação. ....	46
Figura 12 - Grafite em pó.....	47
Figura 13 - Barras de aço. ....	47
Figura 14 - Porcas sextavadas. ....	48
Figura 15 - Cola quente.....	48
Figura 16 - Arduino UNO R3. ....	49
Figura 17 - Jumpers.....	49
Figura 18 - Sensor BMP 180.....	50
Figura 19 - Sensor HC-SR04. ....	50
Figura 20 - Display LCD.....	51
Figura 21 - Potenciômetro WH148-1.....	51
Figura 22 - Protoboard. ....	52
Figura 23 - Bateria 9V.....	52
Figura 24 - Tampa inferior do cilindro.....	54
Figura 25 - Tampa superior do cilindro.....	54
Figura 26 - Montagem do pistão. ....	55
Figura 27 - Guia do pistão.....	55
Figura 28 - Torno mecânico.....	56
Figura 29 - Fixação do cilindro na plataforma. ....	56
Figura 30 - Sensores fixados no cilindro.....	57
Figura 31 - Circuito do Arduino.....	58
Figura 32 – Esquemático do circuito.....	59
Figura 33 - O produto educacional.....	60
Figura 34 - Mapa conceitual do modelo dos Gases Ideais. ....	62
Figura 35 - Pressionando o Pistão. ....	64
Figura 36 - Gráficos de Isotermas. ....	65
Figura 37 - Pressão e Temperatura.....	65
Figura 38 - Mapa conceitual no quadro.....	67

Figura 39 - Mapa conceitual no quadro 2. ....	67
Figura 40 - Primeira afirmação do questionário.....	72
Figura 41 - Segunda afirmação do questionário.....	73
Figura 42 - Terceira afirmação do questionário. ....	74
Figura 43 - Quarta afirmação do questionário. ....	75
Figura 44 - Quinta afirmação do questionário. ....	76
Figura 45 - Sexta afirmação do questionário. ....	77
Figura 46 - Sétima afirmação do questionário. ....	77
Figura 47 - Oitava afirmação do questionário.....	78

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Roteiro para elaboração de uma aula. ....	35
Tabela 2 - Custos do kit experimental. ....	53
Tabela 3 - Acertos nos exercícios propostos. ....	71
Tabela 4 - Pergunta do questionário. ....	79



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1 OBJETIVOS.....	21
1.1.1 Objetivo Geral .....	21
1.1.2 Objetivos Específicos.....	21
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.1 GASES IDEAIS .....	23
2.1.1 Lei de Boyle.....	23
2.1.2 Lei de Charles .....	24
2.1.3 Lei de Gay-Lussac .....	25
2.1.4 Equação de Clapeyron .....	26
2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	27
2.2.1 Unidades de ensino potencialmente significativas .....	29
2.2.2 Constatação da aprendizagem significativa .....	29
2.2.3 Assimilação .....	30
2.2.4 Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória.....	31
2.2.5 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa .....	31
2.2.6 O planejamento de aulas segundo uma abordagem ausubeliana .....	33
2.3 A PLATAFORMA ARDUINO .....	35
2.3.1 O Arduino como ferramenta didática .....	37
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>
3.1 A PROGRAMAÇÃO .....	39
3.1.1 Programas Utilizados .....	39
3.1.2 Bibliotecas Utilizadas .....	40
3.1.3 O Algoritmo .....	40
3.2 A MONTAGEM DO EXPERIMENTO .....	44
3.2.1 Materiais Utilizados .....	44
3.2.2 Montagem do Experimento .....	53
3.2.3 Montagem do Circuito .....	57
3.3 A APLICAÇÃO .....	60
3.3.1 Planejamento da aula.....	60
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>63</b>
4.1 O FUNCIONAMENTO DO KIT EXPERIMENTAL.....	63
4.1.1 Análise de custos.....	66
4.2 A APLICAÇÃO EM AULA .....	66
4.3 OS REGISTROS DOS ALUNOS .....	68
4.3.1 Análise da resolução dos exercícios.....	69

<b>4.3.2</b>	<b>Análise do Questionário.....</b>	<b>72</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE A – MANUAL DE APOIO AO PROFESSOR.....</b>	<b>86</b>
	<b>APÊNDICE B – PLANO DA AULA APLICADA .....</b>	<b>121</b>
	<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO .....</b>	<b>125</b>
	<b>APÊNDICE D – LISTA DE EXERCÍCIOS APLICADA .....</b>	<b>127</b>
	<b>APÊNDICE E – O ALGORITMO .....</b>	<b>130</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As ciências da natureza – física, química e biologia - fazem uso de leis, modelos matemáticos e representações para a interpretação dos dados empíricos, explicação de fenômenos cotidianos e aplicações em diversos setores da indústria. Todavia, apesar da relevância dos assuntos tratados nessas disciplinas, os professores relatam constantemente a falta de interesse e, conseqüentemente, baixo desempenho por parte dos alunos. A física, por essência, deve ser estudada relacionando a teoria com a prática. No entanto, por diversas razões – tempo, infraestrutura e deficiências em sua formação – os professores não realizam experimentos, o que explica a falta de aprendizagem e interesse pelo conteúdo.

[...] grande parte da dificuldade encontrada por esses alunos quanto ao aprendizado de Física se dá pela ausência de laboratórios didáticos, que servem como instrumentos de verificação dos fenômenos físicos em complementaridade aos estudos teóricos realizados em sala de aula. As atividades práticas em laboratórios fomentam nos alunos um conhecimento único a respeito da importância do aprendizado de Física e de sua aplicação no dia-a-dia, facilitando o seu aprendizado. (SILVA, 2016)

O autor ainda sugere que devem ser aplicadas diversas iniciativas para minimizar a atual má formação em física na educação básica e despertar o interesse dos discentes pelas áreas de ciência e tecnologia. De acordo com uma lista de objetivos de aprendizagem para as atividades laboratoriais, elaborada pela Associação Americana de Professores de Física (1992), o envolvimento dos alunos com o experimento deve constar no planejamento de tais experiências didáticas. Eles afirmam que as atividades “*hands on*”, onde os alunos manipulam os dados do experimento, estimulam seu interesse, motivação e concentração nas aulas.

Os custos dos experimentos didáticos em física têm diminuído nos últimos anos e muitas propostas de baixo custo estão sendo sugeridas em anais de congressos, artigos, dissertações e teses, como, por exemplo, nos trabalhos de Souza (2011), Santos (2015) e Silveira (2016). Todavia, ainda existem muitos experimentos não acessíveis por questões financeiras. Nesse sentido, a plataforma Arduino têm se destacado nas

iniciativas de introdução de experimentação e aquisição de dados no ensino. Ela possui, além do baixo custo, material de consulta abundante disponível na internet, é de fácil utilização para leigos em programação e possibilita a interação com diversos fenômenos físicos abordados no ensino médio. Segundo Moreira (2018), “esta ferramenta pode ser utilizada na experimentação para construir instrumentos científicos de baixo custo, e para provar princípios físicos por professores e alunos”.

Conforme exposto, é de conhecimento da comunidade científica a importância da experimentação no ensino de ciências, em especial na observação de fenômenos físicos, para a construção do conhecimento de forma significativa por parte dos discentes. Segundo Ausubel (1978) apud Canto Filho (2017), a aprendizagem por recepção, comum em nossas escolas, é eficiente com estudantes em estágios de maturidade cognitiva avançados. No entanto, a maior parte dos alunos sai do ensino médio sem esse nível de maturidade. Dessa forma, é dever dos professores e pesquisadores da área da educação em ciências buscar metodologias que apresentem ganho em termos de desempenho e interesse por parte dos alunos e sejam aplicáveis com o tempo e recursos disponíveis nas escolas. Conforme sugere Galagovsky (2003) apud Klein (2012), para a compreensão de um conceito físico, o aprendiz deve ser submetido à diferentes formas de representação do mesmo – verbais, matemáticas, experimentais, etc. –, pois essas formas cooperam para dar sentido ao conceito em questão.

De acordo com Cicutto *et al* (2013), os mapas conceituais são a melhor opção de representação para relações conceituais. O autor define os mapas conceituais “como um conjunto de conceitos, articulados numa rede proposicional”. Essa forma de representação apresenta, dentre outras, a vantagem de ser organizada, o que facilita estudos posteriores, e dinâmica, auxiliando os docentes quanto ao recorrente problema de tempo. Além disso, Correia (2014), coloca que “atividades relacionadas com o mapeamento conceitual permitem estimular a aprendizagem significativa, em detrimento da aprendizagem mecânica”. Ausubel (2000) apud Correia (2014) retrata a aprendizagem como um espectro de dois extremos: aprendizagem significativa e mecânica. A aprendizagem significativa é perene e deve relacionar de forma coordenada os novos conhecimentos com as informações já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A aprendizagem mecânica é caracterizada quando as novas informações não são conectadas aos conhecimentos prévios do aluno, sendo, portanto, facilmente esquecidas.

Dentre os diversos objetos de estudo da disciplina de Física no ensino médio, destaca-se – usualmente na segunda série – o estudo da termologia. Os conceitos de temperatura e calor, dilatação térmica, gases ideais, termodinâmica, entre outros, são tratados a partir de modelos simples que, no entanto, são sustentação para aqueles que optam pela área tecnológica, dada a vasta aplicabilidade de tais conceitos. Além de sua importância como base para o ensino superior, tais conteúdos são recorrentes nos exames – ENEM e vestibulares – para ingresso na graduação.

Nesse sentido, o presente trabalho propõe a construção de um aparato experimental de baixo custo com utilização do Arduino e a análise de sua aplicação em uma sequência didática pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O documento está estruturado da seguinte forma: objetivos da pesquisa, referencial teórico utilizado, metodologia de construção, aplicação e coleta de dados do estudo, discussão dos resultados obtidos e considerações finais. Nos apêndices encontra-se o Manual para o Professor, material de apoio para a construção do kit e proposta de plano de aula para sua utilização.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar a construção do conhecimento sobre o comportamento das variáveis de estado de um Gás Ideal, sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a partir da aplicação em sala de aula um kit experimental com auxílio do Arduino.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar na literatura a aplicabilidade de experimentos didáticos com uso de microcontroladores;
- Construir o kit experimental, com uso do Arduino e materiais de baixo custo, procurando a melhor relação custo-benefício;
- Desenvolver uma sequência didática potencialmente significativa, a partir da Teoria de Ausubel, com a utilização do kit experimental como ferramenta de ensino;

- Observar o interesse e desempenho dos alunos expostos ao experimento em comparação àqueles submetidos a uma abordagem tradicional de transmissão de conhecimentos;
- Registrar todas as informações e resultados obtidos em sala de aula, afim de verificar a relevância, em termos de conteúdo e da realização de aulas práticas, à luz da abordagem de Ausubel, para o ensino de Física.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo trata das bases teóricas do presente estudo. Ele é dividido em três etapas: a compreensão sobre o modelo dos Gases Ideais, a Teoria da Aprendizagem Significativa seus conceitos, e as características da placa Arduino com sua aplicabilidade no ensino de física.

### 2.1 GASES IDEAIS

Todo gás é formado de partículas (átomos, moléculas, ou íons) que deslocam-se livremente. No estado gasoso, a matéria tem a característica de se expandir espontaneamente, ocupando a totalidade do recipiente que a contém. Sendo assim, não tem forma nem volume definidos e consiste em uma coleção de partículas (moléculas, átomos, íons, elétrons, etc.) cujos movimentos são aproximadamente aleatórios.

Segundo Netz e Serrano (2002), as moléculas de gás ideal movem-se com velocidade constante em linha reta e não interagem entre si. O volume efetivamente ocupado pelas moléculas é desprezível quando comparado com o volume do recipiente. Estritamente falando, o volume molecular de um gás ideal é nulo.

As variáveis pressão, volume e temperatura são chamadas de variáveis de estado e suas relações são definidas pelas leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac.

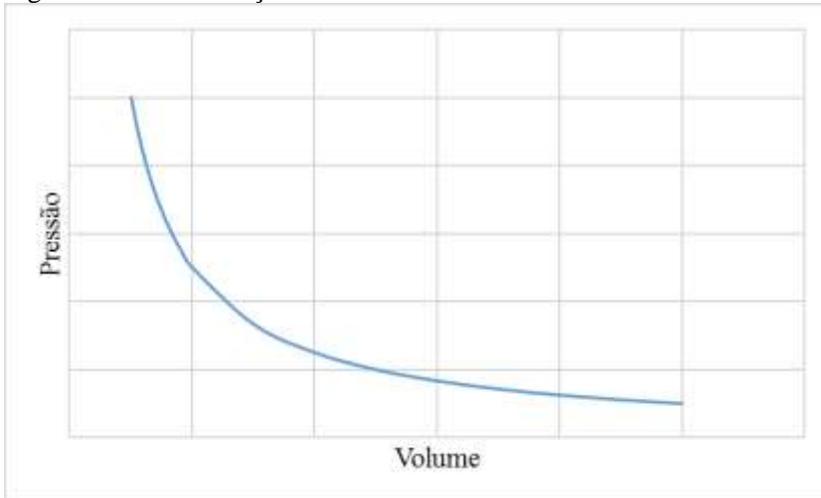
#### 2.1.1 Lei de Boyle

De acordo com Ness (2005), Robert Boyle, realizou as primeiras medidas quantitativas de pressão e volume em sistemas gasosos. Desempenhou um papel importante em direção à descrição atomística dos gases, tendo sido interpretada por Daniel Bernoulli como devendo-se ao fato de a pressão de um gás ser resultado de um efeito cinético de seus átomos. Boyle percebeu também, que **“o volume (V) é inversamente proporcional a pressão (P) quando a temperatura é mantida constante”**.

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad (1)$$

De forma geral, em especial no ensino médio, as transformações gasosas são representadas em diagramas de pressão por volume, chamados diagramas de Clapeyron. A representação gráfica de grandezas inversamente proporcionais é uma hipérbole, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Transformação Isotérmica.



Fonte: O autor, 2018.

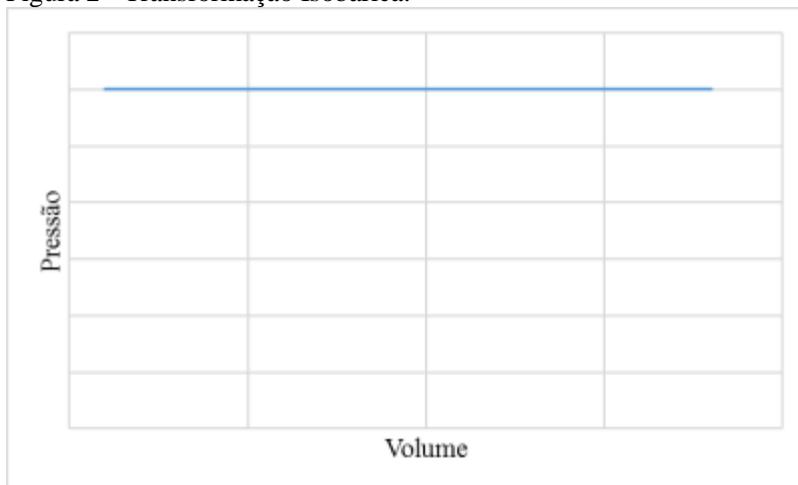
### 2.1.2 Lei de Charles

Segundo Castellan (2007), a verificação experimental da relação entre volume e temperatura, para uma pressão constante, foi realizada por Jacques Charles. Uns anos mais tarde, Louis Joseph Gay-Lussac chegou ao mesmo resultado - hoje conhecida como Lei de Charles ou primeira Lei de Charles e Gay-Lussac: "**Sob uma mesma pressão, o volume de um gás varia linearmente com a temperatura (T)**".

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (2)$$

Sendo mantida a pressão constante, a representação no diagrama PV é, portanto, uma reta horizontal.

Figura 2 - Transformação Isobárica.



Fonte: O autor, 2018.

### 2.1.3 Lei de Gay-Lussac

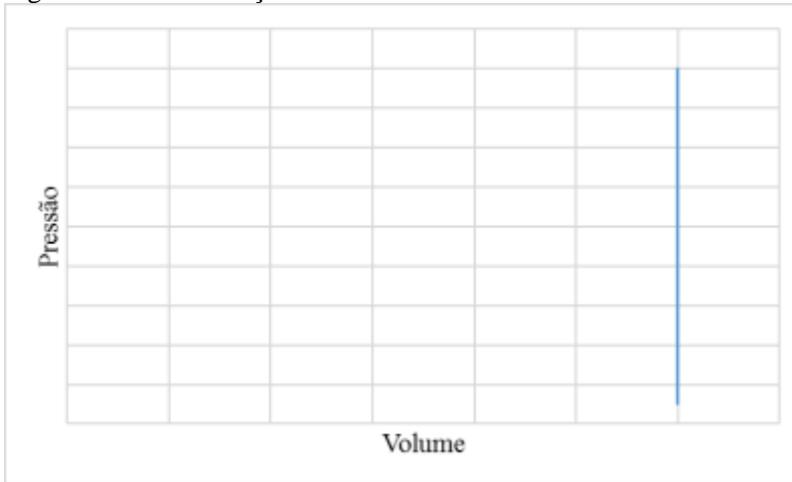
Atkins (2008), afirma que um outro tipo de transformação pode ocorrer num sistema gasoso - a transformação isocórica, durante a qual o volume do gás se mantém constante, enquanto a pressão e a temperatura variam. As pesquisas realizadas com processos isocóricos conduziram à Lei de Gay-Lussac ou segunda Lei de Charles e Gay-Lussac: **"Mantendo-se constante o volume, as pressões de uma massa gasosa variam linearmente com a temperatura"**.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (3)$$

Camel (2013), afirma que Gay-Lussac concluiu também que, partindo do mesmo volume inicial, o aumento de volume era igual para todos os gases, para igual aumento de temperatura.

Dado o volume constante, a representação gráfica no diagrama de Clapeyron será uma reta vertical.

Figura 3 - Transformação Isocórica.



Fonte: O autor, 2018.

#### 2.1.4 Equação de Clapeyron

De acordo com Castellan (2007), a Lei de Avogadro, decisiva para o desenvolvimento posterior da teoria atômico-molecular coloca: “volumes iguais de gases diferentes contêm igual número de moléculas quando medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão”. Portanto, o volume de um gás ideal é proporcional ao número de moléculas:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (4)$$

Atkins (2008) afirma que Emil Clapeyron reunindo os trabalhos experimentais de Boyle, Charles, Gay-Lussac e Avogadro chegou a equação da Lei dos Gases Ideais:

$$PV = nRT \quad (5)$$

Sendo R a constante dos gases ideais, de valor, no S.I., 8,314 J/mol K. Esta equação é aproximada para qualquer gás, mesmo não considerando o modelo de gás ideal. Seu ajuste aos dados experimentais

melhora quando a pressão tende a zero. O gás ideal segue exatamente esta equação.

Segundo Atknis (2008), a equação do gás ideal tem grande importância física e é relevante na dedução de uma variedade de relações termodinâmicas. Além disso, esta equação também tem significativa utilidade para o cálculo das propriedades de um gás em diversas situações. Com exemplos tem-se, o volume molar de um gás em condições normais de temperatura e pressão. Pode-se considerar, dessa forma, a pressão de 1 bar ( $10^5$  Pa) e 273,15 K, nessas condições obtém-se o volume molar ( $V/n$ ) de  $22,414 \text{ dm}^3\text{mol}^{-1}$ .

Castellan (2007) afirma que, em condições normais, a maioria dos gases reais tem comportamento que se desvia apenas levemente do ideal. Em sistemas a alta pressão, que começaram a ser importantes com o avanço da tecnologia, não seguem o formalismo descrito até aqui. Seu comportamento desvia-se consideravelmente do comportamento dos gases ideais. Esses gases são chamados de gases reais e existem outros modelos, que não são objeto de estudo do presente trabalho, para o equacionamento dos gases sob essas condições.

## 2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

De acordo com Moreira (1998), existem três tipos de aprendizagem: cognitiva, afetiva e psicomotora. A aprendizagem cognitiva está relacionada com o armazenamento de informações na mente. A aprendizagem afetiva trata de prazer, dor, satisfação, entre outros fatores internos ao indivíduo. Já a aprendizagem psicomotora envolve capacidades musculares, desenvolvidas por meio de treino e prática. A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel é focada na aprendizagem cognitiva.

Moreira (1998), destaca que Ausubel representa o cognitivismo, portanto, para ele aprendizagem é organização e integração das informações na estrutura cognitiva. Nas palavras do autor, aprendizagem “é o complexo resultante dos processos cognitivos, ou seja, dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento”.

A teoria de Ausubel dispõe sobre o processo de aprendizagem no dia-a-dia, em sala de aula. Segundo ele, conforme dispõe Moreira (1998), “o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe”. Pela Teoria da Aprendizagem Significativa, o aluno constrói o conhecimento quando uma nova informação se relaciona com conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel denomina como

subsunçores os conhecimentos prévios já reconhecidos pelo discente. A interação entre o novo conhecimento e o subsunçor produz a aprendizagem significativa.

Em física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo, como, por exemplo, a força e o campo eletromagnéticos. Entretanto, este processo de “ancoragem” da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. (MOREIRA, 1998)

Portanto, quando novos conhecimentos são adquiridos de forma significativa, os subsunçores iniciais são expandidos e se tornam capazes de se relacionar com novas informações correlatas.

Conforme Kiefer e Pilatti (2014), “o conhecimento prévio, no pensamento de Ausubel, possui conotação similar ao conceito de zona do desenvolvimento proximal proposto por Vygotsky”. Na teoria de Vygotsky a aprendizagem alcança maiores níveis, atinge outro patamar, quando ocorre com auxílio do outro. Já na perspectiva ausubeliana, a aprendizagem ocorre de forma significativa quando se relaciona com os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Portanto, em ambas teorias o nível de conhecimento prévio, aquilo que o aluno já sabe, é superado com a aprendizagem.

Segundo Moreira (1998), a teoria de Ausubel define a aprendizagem mecânica, em contraste com a aprendizagem significativa, como “a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva”. Logo, nesse caso, o conhecimento fica distribuído de forma arbitrária na estrutura cognitiva, sem relação alguma com subsunçores específicos. O autor destaca, como exemplo, a memorização de fórmulas, leis e conceitos em Física. Segundo ele, é possível argumentar que haverá algum tipo de associação nesse caso, todavia a teoria de Ausubel não coloca as aprendizagens significativa e mecânica como uma dicotomia, mas como um contínuo. Logo, o aluno pode aprender “mais” de forma mecânica do que de forma significativa, ou o contrário. Kiefer e Pilatti (2014), colocam a aprendizagem mecânica como o ato de decorar, que, segundo eles, é rapidamente esquecido. Já a aprendizagem significativa, de forma antagônica, é perene.

Moreira (1998), identifica a TAS como “aprendizagem verbal significativa receptiva”. Verbal, pois Ausubel destaca a importância da linguagem para ocorrência de aprendizagem significativa. Receptiva, pelo fato que Ausubel considera que a aprendizagem receptiva é a forma que os seres humanos adquirem e armazenam conhecimento, e, além disso, a sala de aula é organizada de forma receptiva.

### **2.2.1 Unidades de ensino potencialmente significativas**

De acordo com Moreira (2011) apud Rosa (2016), unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) “é uma sequência de ensino direcionada à aprendizagem significativa de conceitos e tópicos específicos de um ou mais conteúdos escolares. A tese central é que os materiais e recursos utilizados estejam voltados a uma aprendizagem significativa na perspectiva de David Ausubel”.

Logo, o conceito a ser aprendido deve ter relação com algum subsunçor presente na estrutura cognitiva do aprendiz. Não é possível ensinar de forma significativa física quântica para uma criança em fase de alfabetização, por exemplo. Moreira (1998) destaca que o aprendiz deve ter os subsunçores adequados em sua estrutura cognitiva e o material deve ser suficientemente não-arbitrário em si para ser potencialmente significativo.

Outra condição é necessária para que a aprendizagem ocorra de forma significativa: a vontade do aprendiz.

Se a intenção do aprendiz for simplesmente de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos. De maneira recíproca, independentemente de quão disposto para aprender estiver o indivíduo, nem o processo nem o produto da aprendizagem serão significativos, se o material não for potencialmente significativo. (MOREIRA, 1998)

### **2.2.2 Constatação da aprendizagem significativa**

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel diz que a compreensão real de um conceito implica em entendimento claro, preciso,

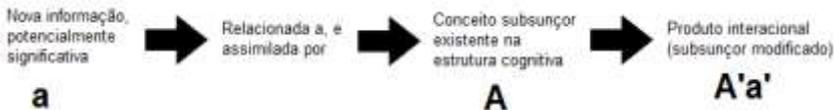
diferenciado e transferível do mesmo. Todavia, não é tarefa simples testar essa compreensão. Segundo Moreira (1998), “simplesmente pedindo ao aluno que diga quais os atributos essenciais de um conceito ou os elementos essenciais de uma proposição, pode-se obter apenas respostas mecanicamente memorizadas”. E, de fato, verifica-se na prática, conforme é colocado na teoria, que os alunos se habituem a memorizar não só fórmulas e proposições, mas também exemplos, explicações e resoluções típicas de problemas.

Para Moreira (1998), deve-se, então, evitar a “simulação da aprendizagem significativa” formulando questões, problemas e exercícios de maneira nova, diferente e não familiar, exigindo máximas transformação do conhecimento adquirido. Os testes, devem, portanto, ser fraseados e apresentados de forma diferente àquela originalmente apresentada no material instrucional.

### 2.2.3 Assimilação

De acordo com Moreira (1998), Ausubel propõe a “teoria da assimilação” para explicar o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva. Essa teoria pode ser representada pela Figura 4.

Figura 4 - Teoria da Assimilação



Fonte: Moreira, 1998.

Percebe-se que a assimilação se dá quando um novo conhecimento (a) interage com um subsunçor (A), produzindo uma nova informação na estrutura cognitiva (A'a'). Segundo Moreira (1998):

A assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição a, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo. (MOREIRA, 1998)

O autor exemplifica enunciando que se um conceito mais inclusivo, como o de força, for conhecido por um aluno ele pode compreender um conceito mais específico, como o de força nuclear.

Conforme Moreira (1998), o produto  $A'a'$  é dissociável em  $A' + a'$  durante um tempo, facilitando, assim, a retenção da  $a'$ . Todavia, o conhecimento adquirido está sujeito ao esquecimento, devido à tendência de reter apenas as ideias mais gerais e estáveis da organização cognitiva. Com isso, após a aprendizagem significativa, existe um segundo estágio da assimilação, chamado de assimilação obliteradora. Nesse estágio, os novos conceitos tornam-se cada vez menos dissociáveis dos subsunçores, até que  $A'a'$  reduza-se unicamente à um novo  $A'$ , o resíduo mais estável da interação ocorrida.

#### **2.2.4 Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória**

Conforme Moreira (1998), chama-se de aprendizagem subordinada quando o conteúdo a ser aprendido interage com subsunçores a partir de uma relação de subordinação da nova informação em relação ao material já existente na estrutura cognitiva.

O autor coloca que a aprendizagem é dita aprendizagem superordenada quando o conceito novo, potencialmente significativo, é mais geral àqueles já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Logo, os conceitos isolados preexistentes são identificados como correlatos ao novo conceito superordenado.

Por sua vez, a aprendizagem combinatória é colocada como a assimilação de conceitos que não guardam relação de subordinação ou superordenação. Segundo Moreira (1998), “é como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo”.

#### **2.2.5 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa**

Conforme já citado, o processo de interação entre um subsunçor e um novo conceito potencialmente significativo produz um novo subsunçor, modificado e ampliado, pela combinação de ambos. Parafraseando Moreira (1998), “a ocorrência desse processo uma ou mais vezes leva à diferenciação progressiva do conceito subsunçor”. O autor ainda coloca que esse processo comum na aprendizagem significativa subordinada.

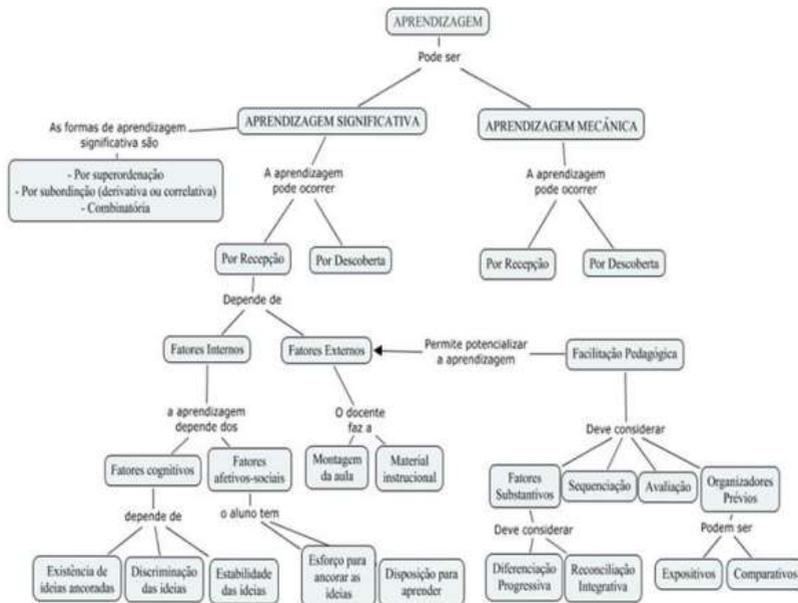
Nas aprendizagens superordenada e combinatória, os conceitos já conhecidos pelo indivíduo podem se relacionar. Conforme Moreira (1998), “novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados”. Esse processo é chamado por Ausubel de reconciliação integrativa.

Em resumo: a aprendizagem subordinada ocorre por diferenciação progressiva e as aprendizagens superordenada e combinatória ocorrem por reconciliação integrativa. Moreira (1998) destaca que o processo de reconciliação integrativa também resulta em diferenciação progressiva.

O processo de diferenciação progressiva, para Ausubel, está relacionado à ementa de uma matéria de ensino. Nela, os tópicos mais gerais são apresentados no início da disciplina e são diferenciados ao longo do curso em termos de especificidade. Segundo Ausubel (1978) apud Moreira (1998), existem duas hipóteses para essa lógica: 1º os seres humanos entendem melhor os conceitos específicos de um todo conhecido, do que um todo à partir de suas partes específicas previamente conhecidas; 2º) a organização do conteúdo de uma disciplina, na mente de um indivíduo, se dá de forma hierárquica, onde as ideias gerais estão no topo e incorporam as mais específicas. Já a reconciliação integrativa é a forma no qual o processo de instrução deve relacionar as ideias, apontando similaridades e diferenças nos tópicos abordados.

Uma forma de relacionar conceitos a fim de produzir os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa que torna evidente as relações entre diferentes conceitos de uma matéria são os mapas conceituais. Moreira (2012) apud Kiefer e Pilatti (2014) define que “mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos”. Um exemplo de mapa conceitual da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel pode ser verificado na Figura 5.

Figura 5 - Mapa conceitual da teoria de Ausubel.



Fonte: Kiefer e Pilatti, 2014.

## 2.2.6 O planejamento de aulas segundo uma abordagem ausubeliana

De acordo com Kiefer e Pilatti (2014), pelo fato da teoria de Ausubel voltar atenção à aprendizagem por recepção, em relação à aprendizagem por descoberta, as aulas devem ser preparadas segundo esse propósito. Conforme já exposto, existem dois fatores que devem ser considerados para aplicação prática da Teoria da Aprendizagem Significativa: o primeiro, nitidamente, o conhecimento prévio, em termos da teoria ausubeliana, os subsunçores existentes na estrutura cognitiva do indivíduo antes do processo de instrução; o segundo, tão importante quanto o anterior, a predisposição à aprendizagem de forma significativa. O aprendiz deve compreender significativamente o conteúdo.

O desafio de implementar uma aula potencialmente significativa se inicia na sua preparação. Parafraseando Moreira (1998), “a primeira e usualmente difícil tarefa é a identificação dos conceitos básicos da

matéria de ensino e como eles estão estruturados”. Pela teoria ausubeliana, deve-se ajustar a disposição dos tópicos estruturantes da matéria de forma a favorecer a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

A disponibilidade de ideias-âncora relevantes, para uso na aprendizagem significativa e na retenção, pode, obviamente, ser maximizada se tirar-se partido das dependências sequenciais naturais existentes na disciplina e do fato que a compreensão de um dado tópico, frequentemente, pressupõe o entendimento prévio de algum tópico relacionado. (Moreira, 1998)

Percebe-se que a TAS propõe que a preparação de uma aula potencialmente significativa passa, essencialmente, pela análise da estrutura cognitiva preexistente no aprendiz e na organização significativa do conteúdo de ensino. O processo instrucional segundo uma abordagem ausubeliana se dá por quatro tarefas fundamentais, de acordo com Moreira (1998):

- 1º) Identificação dos conceitos básicos e unificadores da matéria e organização hierárquica dos mesmos;
- 2º) Identificação dos subsunçores mínimos necessários para que o aprendiz possa acompanhar a matéria e compreendê-la de forma significativa;
- 3º) Verificação se os subsunçores de fato existem na estrutura cognitiva do aluno, dentre aqueles identificados anteriormente;
- 4º) Instrução a partir de recursos que propiciem a aprendizagem de forma significativa pela estrutura cognitiva do aluno.

Faria (1989) apud Kiefer e Pilatti (2014) destaca que durante o processo instrucional, em sala de aula, é fundamental a capacidade de comunicação e a oratória do professor e a manutenção da atenção dos alunos na aula. Todavia, esses fatores estão ligados à características pessoais do professor e, desse modo, fogem da teoria de Ausubel.

Kiefer e Pilatti (2014) propõem um roteiro para elaboração de uma aula sob a luz da Teoria da Aprendizagem significativa conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Roteiro para elaboração de uma aula.

ETAPA	ATIVIDADES
Definição do conteúdo da aula.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selecionar na ementa e/ou no programa do curso ministrado o conteúdo da aula;</li> <li>- Identificar no currículo ou em pré-testes a existência dos pré-requisitos necessários;</li> <li>- Definir os resultados de aprendizagem que se pretende alcançar, vinculados aos conceitos mais inclusivos;</li> <li>- Selecionar os conceitos mais específicos relacionados com os conceitos mais inclusivos.</li> </ul>
Determinação dos aspectos mais relevantes do conteúdo e dos organizadores prévios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar os aspectos mais relevantes do conteúdo a ser trabalhado;</li> <li>- Identificar os organizadores prévios.</li> </ul>
Sequenciação do conteúdo curricular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sequenciar os organizadores prévios para a parte introdutória da aula;</li> <li>- Sequenciar os aspectos relevantes do conteúdo de forma decrescente em sua amplitude;</li> <li>- Explicitar eventuais relações entre os diversos conceitos que serão trabalhados.</li> </ul>
Avaliação da aprendizagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar a retenção/aprendizagem dos alunos, considerando os diversos conteúdos trabalhados.</li> </ul>
Estratégia e recursos instrucionais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir as estratégias e os recursos instrucionais utilizados para que ocorra uma aprendizagem significativa.</li> </ul>
Montagem do plano de aula.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar o plano de aula.</li> </ul>

Fonte: Kiefer e Pilatti, 2014.

### 2.3 A PLATAFORMA ARDUINO

O Arduino é uma placa programável, associada a um software, ambos *open source* (de código aberto). A plataforma, desenvolvida na Itália em 2005, é capaz de, através de sensores e atuadores, interagir com o ambiente, possibilitando a criação de experiências diversas, de forma fácil e acessível. Além disso, há uma infinidade de conteúdo para o Arduino, tanto na *World Wide Web*, em blogs e na página oficial do

Arduino, como em revistas de ensino de física e ciências, relatando possibilidades de aplicação para a plataforma.

Segundo Souza *et al.* (2011), o Arduino é baseado em um microcontrolador e uma interface muito simples de aquisição de dados, que pode controlar sozinho vários dispositivos. O autor destaca a imensa comunidade internacional que interage através de sites, blogs, fóruns e eventos, possibilitando que encontremos na Web uma vasta documentação sobre aplicações da plataforma. Além disso, é disponibilizado pelos desenvolvedores um manual da linguagem utilizada no Arduino IDE, software da plataforma.

Cavalcante *et al.* (2011), destacam que “existem outras plataformas construídas para microcontroladores, mas o Arduino tem se destacado no cenário mundial pela facilidade de programação, versatilidade e baixo custo”.

Conforme o próprio *website* do fabricante, em tradução livre:

O Arduino é uma plataforma eletrônica open-source baseada em hardware e software fáceis de usar. Placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem no Twitter - e transformá-lo em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Você pode dizer à sua placa o que fazer enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador na placa. Para fazer isso, você usa a linguagem de programação Arduino (baseada em writing) e o Software Arduino (IDE), baseado em Processing. (Arduino, 2018)

O hardware pode ser obtido em lojas de eletrônica e robótica por preços inferiores à R\$50,00 e o software Arduino IDE está disponível para download no *website* oficial do Arduino.

Figura 6 - A placa Arduino - Modelo UNO R3.



Fonte: O autor, 2018.

### 2.3.1 O Arduino como ferramenta didática

Conforme Souza *et al.* (2011), as experiências didáticas assistidas por microcomputadores têm sido alvo de diversas propostas para o ensino de física. É de conhecimento de todos a importância do computador como ferramenta cognitiva, pois ele permite construção de diversas situações experimentais, aquisição de dados, desenvolvimento de habilidades e construção da interpretação do mundo que cerca o estudante.

Cavalcante *et al.* (2011), destacam o uso do computador como agente transformador no ensino de física. Segundo o autor, “a introdução da metodologia experimental de aquisição de dados por computador representa a possibilidade real de uso das técnicas de análise estatísticas de dados experimentais”. Outra vantagem é a comparação dos resultados obtidos com o modelo teórico, havendo possibilidade de discussão entre convergências e divergências dos resultados obtidos com a teoria.

Ademais, o computador, de forma geral, apresenta baixo tempo de coleta de dados e construção de gráficos, tornando possível a execução de experimentos complexos em um curto espaço de tempo. Cavalcante *et al.* (2011), colocam que “o dinamismo desse processo provoca a curiosidade e maior interesse dos estudantes já que a aula de laboratório torna-se mais desafiadora”.

De acordo com Santos e Magno (2015), existem dois problemas no desenvolvimento de atividades didáticas de instrumentação eletrônica voltadas ao ensino: o custo dos equipamentos eletrônicos e a falta de capacitação dos professores no uso e desenvolvimento da experimentação didática. Além disso, Silveira e Girardi (2016) salientam que, apesar de muitas escolas possuírem salas de informática, essas são somente utilizadas para pesquisas bibliográficas na internet, sendo, portanto, subutilizadas. Muitos desses computadores poderiam ser utilizados em laboratórios de física, juntamente a kits experimentais de aquisição de dados através de microcontroladores, como o Arduino. Portanto, o uso dessa tecnologia em sala de aula poderia ser mais presente com mais conhecimento por parte dos professores e mais ofertas de dispositivos no mercado nacional.

Segundo Cavalcante *et al.* (2011), há uma tendência nas revistas de ensino de física quanto a publicação de experimentos de aquisição de dados via computador utilizando sistemas de aquisição. O Arduino apresenta como principais vantagens nesse contexto o baixo custo, a facilidade de manuseio e a quantidade de conteúdo disponível na internet. Além disso, é possível, através dele, interagir em tempo real com o experimento.

### 3 METODOLOGIA

Nesta seção são expostos os métodos utilizados para a construção do produto educacional, sua aplicação em sala de aula e as análises utilizadas para verificar a aplicabilidade do mesmo.

#### 3.1 A PROGRAMAÇÃO

As seções seguintes tratam da metodologia computacional para o desenvolvimento do experimento. O algoritmo completo pode ser visualizado no Apêndice E.

##### 3.1.1 Programas Utilizados

Alguns softwares são requisitos para a implementação da atividade prática, conforme a presente metodologia. São eles:

- **Arduino IDE:** é a interface de programação do Arduino. Seu download está disponível no site da plataforma (<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>) e é nessa interface que o algoritmo é desenvolvido;
- **PLX-DAQ:** trata-se de um suplemento de software para o Microsoft Excel. Ele adquire dados de qualquer microcontrolador e eleva os números em colunas à medida que eles chegam. Essa ferramenta fornece uma fácil análise de planilha de dados coletados no campo, análise laboratorial de sensores e monitoramento de equipamentos em tempo real. Foi utilizada para transposição dos dados lidos pelos sensores para o editor de planilhas para a construção dos gráficos em tempo real. Pode ser obtido no site de sua desenvolvedora, a empresa Parallax (<https://www.parallax.com/downloads/plx-daq>).
- **Microsoft Office/Excel 2000 ou 2003®:** são os editores de planilhas suportados pelo programa PLX-DAQ. Não foram feitos testes com versões mais novas.
- **Microsoft Windows 7® ou versão anterior:** a funcionalidade do programa PLX-DAQ foi testada somente no sistema operacional Windows 7. O programa funcionou perfeitamente, apesar de a Parallax indicar que o mesmo requer Windows 98.

### 3.1.2 Bibliotecas Utilizadas

Bibliotecas são, em programação, conjuntos de funções já escritas por outros programadores. O site do Arduino fornece algumas bibliotecas e ferramentas de busca para outras (<https://www.arduino.cc/en/Reference/Libraries>). Além disso, o próprio programa Arduino IDE possui um buscador de bibliotecas em Sketch>Import Library.

Para o programa desenvolvido, são necessárias as seguintes bibliotecas:

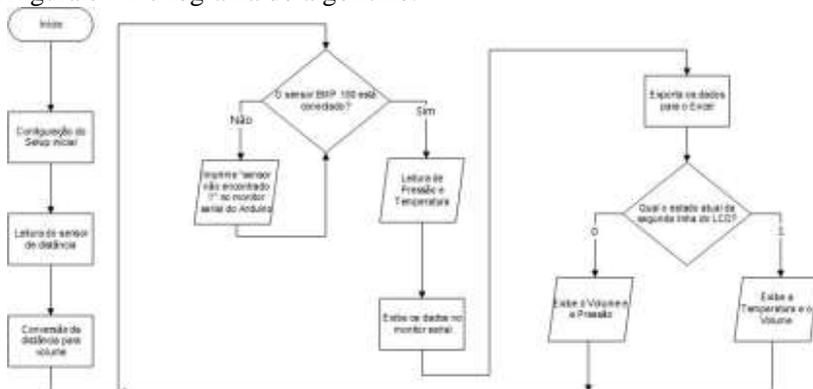
- **Wire.h:** essa biblioteca permite que você se comunique com dispositivos I2C (Inter-Integrated Circuit). No programa, ela tem a função de comunicação com o sensor de temperatura e pressão BMP180.
- **Adafruit\_BMP085.h:** é uma biblioteca específica para o sensor BMP180. Ela simplifica a programação para o seu funcionamento.
- **Ultrasonic.h:** é a biblioteca para o sensor ultrassônico utilizado na leitura da distância (volume). Torna mais fácil a programação para o funcionamento do sensor.
- **LiquidCrystal.h:** essa biblioteca permite que a placa Arduino controle um display LCD. Está relacionada com a leitura dos dados no visor LCD.

### 3.1.3 O Algoritmo

Foi utilizado o Arduino por seu baixo custo e vasto material disponível na internet, conforme mencionado anteriormente. O algoritmo foi escrito na linguagem própria da plataforma – semelhante à linguagem C - no software Arduino IDE. O objetivo é medir o volume do cilindro de forma indireta, através da distância entre o pistão e a base, juntamente da pressão e temperatura com o sensor BMP180. Além disso, foi utilizado um LCD para mostrar os valores lidos e linhas de código específicas para o PLX-DAQ exportar os dados para o Excel.

O algoritmo em questão pode ser descrito pelo fluxograma demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma do algoritmo.



Fonte: O autor, 2018.

A plataforma Arduino possui vasta diversidade de materiais na internet. Muitos programas já estão prontos e basta modificar os pinos e as variáveis para a aplicação desejada. Abaixo a explanação geral das linhas de programação.

O algoritmo deve iniciar com a inclusão das bibliotecas necessárias para o funcionamento do programa:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Ultrasonic.h>
#include <LiquidCrystal.h>
```

Na sequência a declaração de variáveis e inicialização dos pinos que serão utilizados:

```
LiquidCrystal lcd(12,11, 5, 4, 3, 2);
const int echoPin = 7;
const int trigPin = 6;
Ultrasonic ultrasonic(trigPin,echoPin);
int distancia;
String result;
Adafruit_BMP085 bmp180;
int mostrador = 0;
```

Dentro do “void\_setup” do Arduino devem ser inseridas as funções que irão operar somente na inicialização do programa. Nessa etapa, são

definidos os pinos de entrada e saída, é inicializada a porta serial e é solicitado aos sensores para printar os dados que ele for obtendo.

```
void setup()
{
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  if (!bmp180.begin())
  {
    Serial.println("Sensor nao encontrado !!");
    while (1) {}
  }
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL, Hora,Volume ,Pressao");
}
```

O “void loop” é a parte do algoritmo onde as funções ficam se repetindo. Dentro dele, as sequências de códigos foram separadas por suas funções.

As primeiras linhas, colocadas abaixo, possuem função de chamar o sensor ultrassônico e printar, em um formato que o programa PLX-DAQ reconheça, os dados obtidos pelos sensores.

É importante ressaltar que o programa PLX-DAQ precisa que os valores de Data, Time, variável de volume (result) e variável de pressão (bmp.180.readPreassure()) sejam escritos conforme o modelo abaixo, caso contrário o programa não consegue reconhecer os dados.

```
void loop()
{
  hcsr04();
  Serial.print("DATA, TIME,");
  Serial.print(result);
  Serial.print(",");
  Serial.println(bmp180.readPressure());
  delay (3000);
}
```

Posteriormente, foram dispostos os comandos para visualização das leituras no display LCD. Tratam-se de várias linhas, indicando a posição do display que cada informação deve ser colocada. Além disso, a

temperatura lida pelo sensor BMP180 está em graus Celsius, e acrescentou-se 273 para sua conversão para Kelvin.

```

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp.:");
lcd.print(bmp180.readTemperature()+273);
lcd.print(" K");
if (mostrador == 0)
{
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("      ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Press.:");
  lcd.print(bmp180.readPressure());
  lcd.print(" Pa");
}
if (mostrador == 1)
{
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("      ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Vol.:");
  lcd.print(result);
  lcd.print(" mL");
}
mostrador = !mostrador;
}

```

Para transformar a leitura do sensor ultrassônico em uma medida de distância e, posteriormente, em volume, são necessárias as linhas de comando dispostas abaixo, seguidas pelo fechamento da função “void\_loop” e o fim do algoritmo.

Essa função permite que o sensor calcule a distância a um determinado ponto por meio dos pinos: Trigger(envia uma onda sonora) e Echo (recebe a onda sonora). Após receber os dados, o sensor calcula a distância, e esse dado é convertido numa string (texto) – tipo de variável - com o nome de “result” para que possa ser escrita na janela serial do Arduino, e posteriormente ter seus dados gravados no gráfico e no LCD.

A transformação da medida de distância em volume é efetuada pela multiplicação da área da base (constante, de valor 50,26 em cm<sup>2</sup>) pelo valor medido pelo sensor.

```
void hcsr04(){  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
    delayMicroseconds(2);  
    digitalWrite(trigPin, HIGH);  
    delayMicroseconds(10);  
    digitalWrite(trigPin, LOW);  
    distancia = (ultrasonic.Ranging(CM))*50,26;  
    result = String(distancia);  
    delay(500);  
}
```

## 3.2 A MONTAGEM DO EXPERIMENTO

### 3.2.1 Materiais Utilizados

Essa seção é reservada à especificação de todos os materiais utilizados na montagem do experimento didático. Esses materiais foram selecionados a partir dos objetivos definidos para o experimento, o custo – no momento da elaboração da presente dissertação - e a disponibilidade do pesquisador. É importante salientar que diversas adaptações podem ser feitas.

- **Chapa de MDF:**

Foi utilizada como plataforma para o experimento. Pode ser encontrada gratuitamente em lojas de móveis, madeireiras, etc.

Figura 8 - Plataforma em MDF.



Fonte: O autor, 2018.

- **Cano PVC 80 mm:**

O cilindro foi feito de um pedaço de, aproximadamente, 20 cm de um cano PVC de 80 mm de diâmetro interno. As vantagens desse material são o baixo custo – foi disponibilizado gratuitamente em uma construção civil – e o fato de possuir ótima simetria em seu diâmetro.

Figura 9 - Cilindro de PVC.



Fonte: O autor, 2018.

- **Tampão para Cano PVC 80 mm:**

O cilindro foi vedado com tampas, também de PVC. Tais tampas também foram disponibilizadas gratuitamente em uma construção civil. Na figura abaixo, verifica-se a tampa superior do cilindro, já com os furos para passagem de ar.

Figura 10 - Tampas de PVC.



Fonte: O autor, 2018.

- **Anel de vedação O-ring de 72 mm:**

A vedação do pistão foi realizada através de um anel de borracha de vedação que pode ser adquirido em lojas de materiais de construção por menos de R\$1,00.

Figura 11 - Anéis de borracha para vedação.



Fonte: O autor, 2018.

- **Grafite em pó – Lubrificante:**

Para a lubrificação interna do cilindro, após testar diversas possibilidades, foi observado que o grafite em pó produzia os melhores efeitos. Pequenos tubos desse lubrificante podem ser adquiridos em diversas lojas de materiais ou departamentos pelo valor aproximado de R\$8,00.

Figura 12 - Grafite em pó.



Fonte: O autor, 2018.

- **Barras roscadas de aço:**

A guia do pistão e o suporte para o cilindro foram construídas através de hastes de aço com roscas. Tais peças foram compradas por aproximadamente R\$30,00.

Figura 13 - Barras de aço.



Fonte: O autor, 2018.

- **Porcas sextavadas:**

Os encaixes necessários na guia do pistão e no suporte foram feitos com pequenas porcas de aço, facilmente encontradas em lojas de materiais. As porcas devem possuir dimensões idênticas às hastes utilizadas. Além disso, um pequeno pedaço de aço foi utilizado para prender o cilindro ao restante do aparato. O gasto com esses materiais foi em torno de R\$10,00.

Figura 14 - Porcas sextavadas.



Fonte: O autor, 2018.

- **Cola quente:**

Para vedação da parte de baixo do cilindro, foi utilizada cola quente. Em papelarias são encontradas pistolas de cola quente por volta de R\$20,00 e pacotes de refis em torno do mesmo valor.

Figura 15 - Cola quente.



Fonte: O autor, 2018.

- **Placa Arduino UNO R3:**

O modelo da placa de Arduino utilizada foi o mais comum: UNO R3 Atmega 328. Ela pode ser comprada por R\$40,00 pela internet ou em lojas de materiais eletrônicos já com o cabo USB.

Figura 16 - Arduino UNO R3.

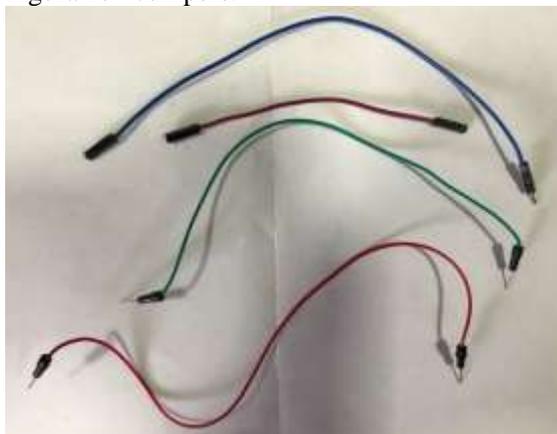


Fonte: O autor, 2018.

- **Jumpers:**

As conexões foram realizadas através de jumpers macho/macho e macho/fêmea, conforme a necessidade. Eles podem ser adquiridos juntamente ao Arduino, em kits, ou em isoladamente em pacotes de diversas unidades. Um pacote de 50 jumpers é comprado, em geral, por R\$10,00.

Figura 17 - Jumpers.



Fonte: O autor, 2018.

- **Sensor BMP 180:**

O sensor BMP 180 para Arduino é um sensor de pressão e temperatura. Ele foi utilizado no experimento dentro do cilindro, para medida dessas propriedades do gás. Segundo o *datasheet* do produto, sua *range* de leitura é 300-1100 hPa e sua *accuracy* é de 0,5 hPa. Não foram encontrados dados referentes aos seus limites na leitura de temperatura. Ele pode ser obtido em lojas de eletrônicos por R\$20,00.

Figura 18 - Sensor BMP 180.



Fonte: O autor, 2018.

- **Sensor HC-SR04:**

O sensor HC-SR04 é um sensor de distância ultrassônico. Foi utilizado para medida indireta do volume de ar dentro do cilindro. Segundo o *datasheet* do produto, sua *range* de leitura é de 2 cm até 4 m e sua *accuracy* é de 3 mm. Seu valor é de R\$10,00, em geral, nas lojas de eletrônicos.

Figura 19 - Sensor HC-SR04.

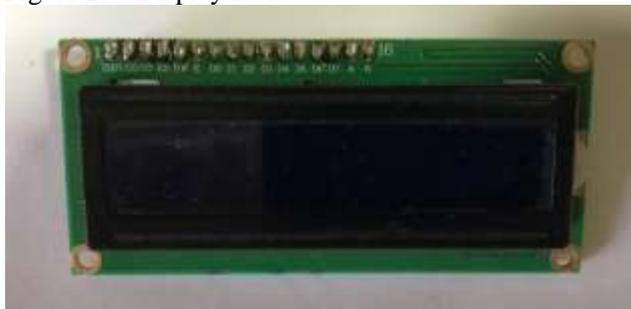


Fonte: O autor, 2018.

- **Display LCD Arduino:**

Para visualização dos valores medidos, foi utilizado um display LCD para Arduino. O display é encontrado em lojas de eletrônicos por R\$20,00, em média.

Figura 20 - Display LCD.



Fonte: O autor, 2018.

- **Potenciômetro WH148-1:**

Para controlar o brilho do display LCD, utiliza-se um potenciômetro para Arduino. Seu custo é de aproximadamente R\$5,00.

Figura 21 - Potenciômetro WH148-1.



Fonte: O autor, 2018.

- **Protoboard 400 pontos:**

A protoboard é uma matriz de contato utilizada para montagem de circuitos elétricos. A protoboard de 400 pontos é comprada por R\$10,00 em média em lojas de eletrônicos.

Figura 22 - Protoboard.



Fonte: O autor, 2018.

- **Bateria 9V:**

O experimento pode ser realizado sem o uso do computador. Para isso, é necessário o uso de uma bateria de 9V conectada ao Arduino. O conector custa por volta de R\$3,00 e a bateria – que é encontrada facilmente em mercados – pode ser comprada por R\$10,00, aproximadamente.

Figura 23 - Bateria 9V.



Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 2 mostra o custo para montagem do presente kit experimental. A análise desses gastos é discutida no tópico seguinte.

Tabela 2 - Custos do kit experimental.

<b>Item</b>	<b>Custo</b>
Chapa de MDF	R\$ -
Cano PVC	R\$ -
Tampões para Cano PVC	R\$ -
Anel de Vedação O-Ring	R\$ 1,00
Grafite em Pó	R\$ 8,00
Barras de Aço	R\$ 30,00
Porcas Sextavadas	R\$ 10,00
Cola Quente	R\$ 20,00
Placa Arduino UNO R3	R\$ 40,00
Jumpers	R\$ 10,00
Sensor BMP 180	R\$ 20,00
Sensor HC-SR04	R\$ 10,00
Display LCD Arduino	R\$ 20,00
Potenciômetro WH148-1	R\$ 5,00
Protoboard	R\$ 10,00
Conector Bateria	R\$ 3,00
Bateria 9V	R\$ 10,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 197,00</b>

Fonte: O autor, 2018.

### 3.2.2 Montagem do Experimento

A peça principal do experimento, o cilindro de PVC com êmbolo móvel, foi construída, em um primeiro momento, com duas tampas do mesmo material. Na tampa inferior foi feito um furo e um vinco para a passagem dos cabos, conforme a

Figura 24.

Figura 24 - Tampa inferior do cilindro.



Fonte: O autor, 2018.

A tampa superior foi perfurada cinco vezes: um furo central para a passagem da guia do êmbolo e quatro para a passagem de ar que permite o movimento do pistão.

Figura 25 - Tampa superior do cilindro.



Fonte: O autor, 2018.

Com o cilindro montado, foram desenvolvidos o pistão e a guia para movimentá-lo. O pistão foi feito com um tampão de PVC e uma borracha de vedação. A peça foi furada com o mesmo diâmetro da barra de aço utilizada como guia e uma fenda foi feita em sua lateral, para o encaixe do o-ring utilizado na vedação.

Figura 26 - Montagem do pistão.



Fonte: O autor, 2018.

A guia foi fixada no pistão com uma pequena porca. No outro lado da guia foi colocado um pino, também fixado através de uma porca, para facilitar a movimentação do conjunto.

Figura 27 - Guia do pistão.



Fonte: O autor, 2018.

Algumas peças foram torneadas para aperfeiçoar o encaixe. A lubrificação interna foi feita com grafite em pó.

Figura 28 - Torno mecânico.



Fonte: O autor, 2018.

O Arduino foi parafusado em uma extremidade da plataforma de MDF. A protoboard colada no centro e o cilindro na outra extremidade. Para fixação do pistão, foram utilizadas duas hastes metálicas. Essas, além de fixarem o cilindro na plataforma, permitiam melhor movimentação para o pistão e garantiam que as tampas não estourassem com o aumento da pressão.

Figura 29 - Fixação do cilindro na plataforma.



Fonte: O autor, 2018.

Os jumpers foram atravessados através da abertura inferior do cilindro e a mesma foi tapada com cola quente.

Figura 30 - Sensores fixados no cilindro.

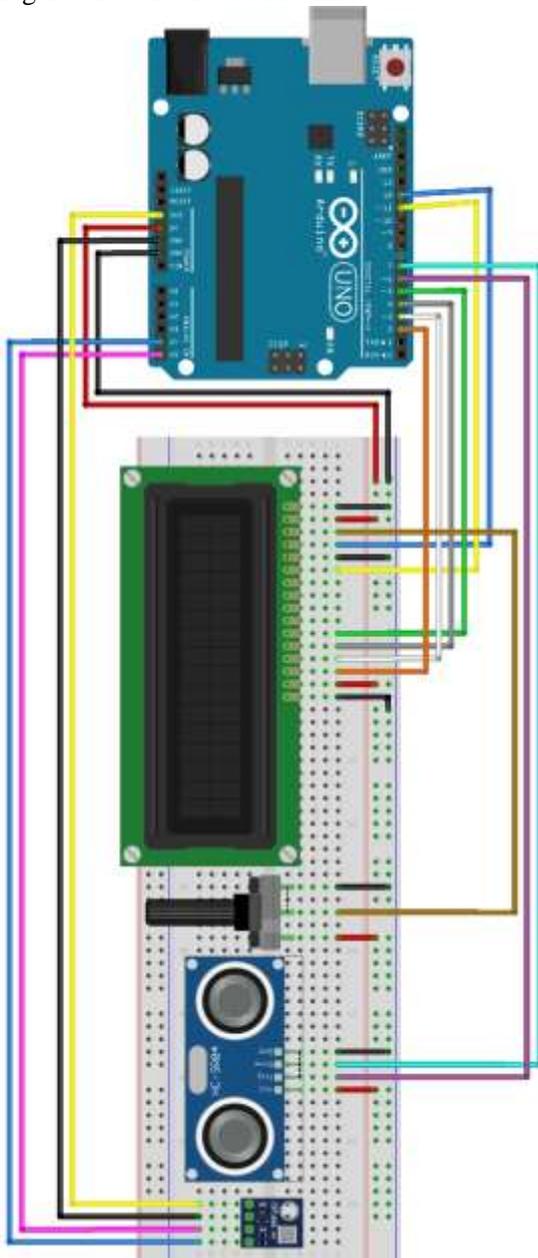


Fonte: O autor, 2018.

### 3.2.3 Montagem do Circuito

Para o funcionamento do algoritmo descrito anteriormente, o circuito foi montado conforme a **Figura 31**, sendo que os sensores foram colocados, através de jumpers, dentro do cilindro e não diretamente na protoboard.

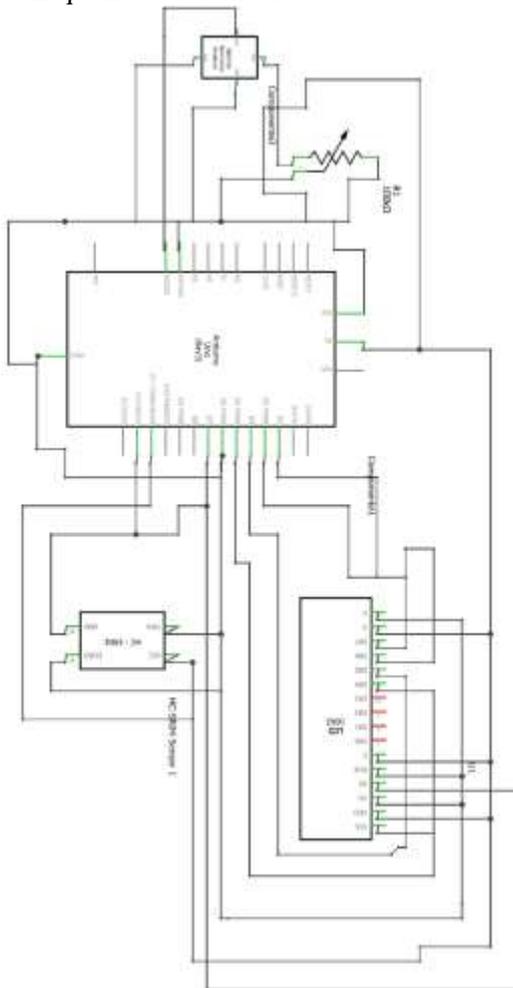
Figura 31 - Circuito do Arduino.



Fonte: O autor, 2018.

O diagrama esquemático do circuito pode ser representado pela seguinte ilustração.

Figura 32 – Esquemático do circuito.



Fonte: O autor, 2018.

O produto educacional completo pode ser visualizado na Figura 33.

Figura 33 - O produto educacional.



Fonte: O autor, 2018.

### 3.3 A APLICAÇÃO

As aulas segundo a abordagem proposta, com utilização do produto educacional, foram ministradas em três turmas – totalizando 105 alunos participantes - do segundo ano de um colégio da rede privada de Tubarão, Santa Catarina, em novembro de 2018.

#### 3.3.1 Planejamento da aula

Inicialmente, é importante destacar que o presente estudo e, por consequência, o planejamento da aula com uso do produto educacional proposto nessa dissertação, objetivou, desde a sua concepção, possuir aplicabilidade em sala de aula. O conteúdo Gases Ideais é tratado no ensino médio em uma ou duas aulas. Desse modo, a aula foi planejada para que todas as etapas pudessem ser cumpridas em 45 minutos.

A aula foi planejada, conforme plano de aula disponível no Apêndice B, segundo uma abordagem Ausubeliana, seguindo o roteiro de Kiefer e

Pilatti (2014) disposto na **Tabela 1**. Os passos descritos pelos autores foram realizados conforme segue:

- **Definição do conteúdo da aula:**

O colégio onde foi aplicada a metodologia do presente estudo possui material apostilado. Dessa forma, o conteúdo da aula já estava pré-definido pelo mesmo. De modo geral, os conceitos da aula foram definidos no item 2.1 do Referencial Teórico.

Os pré-requisitos – conceitos sobre volume molecular, temperatura, pressão, volume, proporção entre grandezas, etc. - necessários para o entendimento dos alunos sobre o tema já haviam sido trabalhados, dada a sequência lógica presente no material.

Foram determinados como resultados pretendidos com a aula:

1. Entendimento das características do modelo dos Gases Ideais;
  2. Compreensão do equacionamento envolvido nesse modelo;
  3. Apreensão da relação entre as variáveis de estado dos Gases Ideais e suas representações gráficas.
- **Determinação dos aspectos mais relevantes do conteúdo e dos organizadores prévios:**

Os aspectos mais relevantes do conteúdo foram determinados a partir de análise do material instrucional do colégio e dos objetivos de aprendizagem determinados anteriormente. Os conceitos selecionados foram:

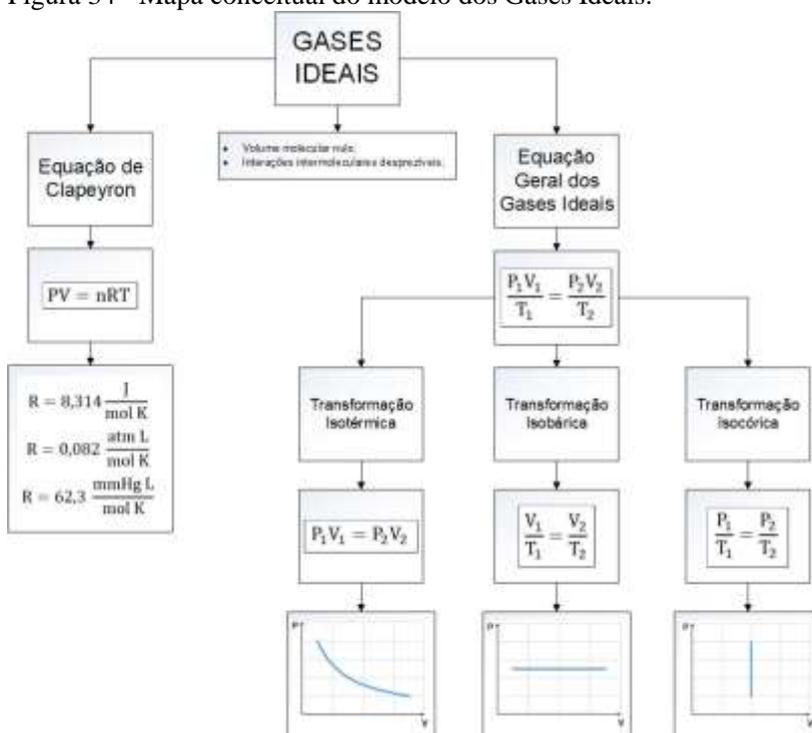
1. As características que um gás deve possuir para ser considerado ideal;
2. A equação geral dos Gases Ideais e a equação de Clapeyron e suas aplicabilidades;
3. As transformações gasosas e suas representações nos diagramas Pressão versus Volume.

Os alunos em questão já estavam familiarizados com o conteúdo. Já possuíam em sua estrutura cognitiva os conceitos de átomo, molécula, volume molecular, interações intermoleculares, pressão, temperatura, etc. Portanto, os organizador prévio escolhido foi um breve discurso introdutório sobre esses conceitos aplicado ao estudo dos gases.

- **Sequenciação do conteúdo curricular:**

Os conceitos necessários para alcançar os objetivos de aprendizagem da sequência didática proposta foram organizados na forma de mapa conceitual, em grau crescente de especificidade, conforme a Figura 34.

Figura 34 - Mapa conceitual do modelo dos Gases Ideais.



Fonte: O autor, 2018

- **Avaliação de aprendizagem:**

Dois aspectos foram avaliados ao final da aula: a aprendizagem, através de uma lista de exercícios (Apêndice D) resolvidos em classe, com participação do professor mediador; e a percepção dos alunos quanto à disciplina de Física, a metodologia empregada na aula e o experimento didático, através de um questionário (Apêndice C) organizado em escala Likert.

- **Estratégia e recursos instrucionais:**

A estratégia da aula foi a explanação teórica, de forma expositiva e dialogada, registrando os conteúdos na lousa em formato de mapa conceitual, conforme a **Figura 33**. Os recursos utilizados foram: o experimento didático com o arduino, o Datashow e um notebook.

- **Montagem do plano de aula:**

Conforme descrito anteriormente, o plano de aula elaborado está no Apêndice B.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo discute os resultados obtidos com a metodologia descrita anteriormente e promove a relação entre o referencial teórico e a prática realizada em aula.

### 4.1 O FUNCIONAMENTO DO KIT EXPERIMENTAL

Antes de sua utilização em aula, o produto educacional desenvolvido foi testado e aperfeiçoado diversas vezes. As dificuldades encontradas foram resolvidas à medida que o experimento foi desenvolvido.

A primeira dificuldade encontrada foi referente à construção do cilindro. Desejava-se um material transparente, para a visualização do fenômeno no interior do mesmo. Todavia, verificou-se que todos os materiais transparentes disponíveis eram inviáveis: o vidro se quebra facilmente, o acrílico é extremamente caro, etc. Por fim, decidiu-se utilizar o PVC, pois este é encontrado na forma de cano, com boa esfericidade, é extremamente barato e acessível.

Na construção do pistão, foram feitos diversos testes até a conclusão da melhor maneira de movimentá-lo. Optou-se por um pino e uma guia mantendo-o no prumo. Diversos ensaios foram realizados para determinação do lubrificante e da forma de vedação do mesmo.

A vedação foi o principal desafio encontrado. Foi constatado que não é possível uma vedação perfeita. O experimento é capaz de demonstrar a relação entre pressão e volume com grande eficiência, no entanto, verifica-se um pequeno escape de ar ao movimentar o pistão.

É importante ressaltar que o gás utilizado foi o ar. Nenhum isolamento foi utilizado, portanto as paredes do recipiente são diatérmicas. Além disso, as variações de temperatura e pressão podem afetar a medida do volume através do sensor ultrassônico e tais erros foram desconsiderados, por não serem relevantes.

A relação entre pressão e volume pode ser verificada com a sequência de fotos abaixo que demonstram o pistão sendo pressionado:

Figura 35 - Pressionando o Pistão.

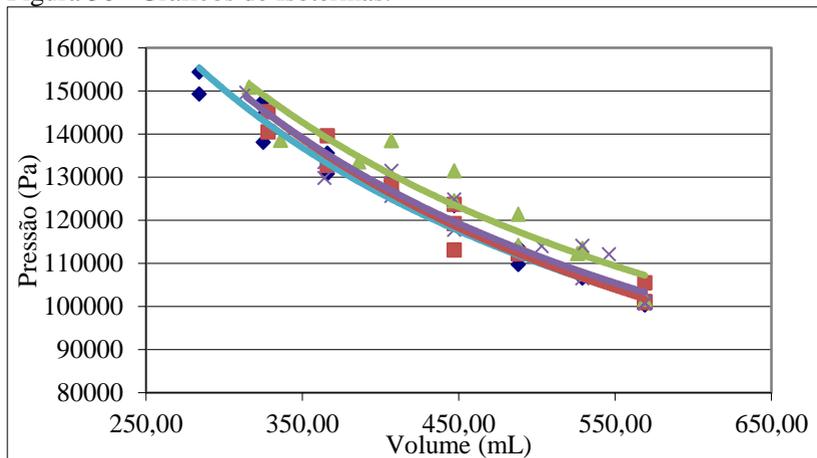


Fonte: O autor, 2018.

A Figura 36

Figura 36 demonstra gráficos obtidos com o aparato experimental em momentos diferentes. Verifica-se que os valores não são sempre os mesmos, pois isso depende da forma com que o pistão é pressionado. No entanto, a linha de tendência possui, em todos os testes, o formato de hipérbole equilátera, característica de grandezas inversamente proporcionais. O tempo de amostragem utilizado no algoritmo foi de 3 segundos.

Figura 36 - Gráficos de Isotermas.



Fonte: O autor, 2018.

Pressão e volume são proporcionais à temperatura em Kelvin e uma variação perceptível em termos percentuais nessa escala termométrica é muito difícil de ocorrer. Portanto, essa relação de proporcionalidade é difícil de ser demonstrada, visto que não é possível causar grandes variações de temperatura no cilindro, pois o mesmo pode se deformar. Essa informação foi utilizada para a discussão em classe.

Mantendo o pistão na mesma posição e aquecendo o cilindro com auxílio de um secador de cabelo, verifica-se a relação entre pressão e temperatura.

Figura 37 - Pressão e Temperatura.



Fonte: O autor, 2018.

Esses e outros testes foram utilizados em aula, conforme questionamentos e sugestões por parte dos alunos. Tais ensaios e a análise dos resultados obtidos com a prática estão descritos nos tópicos seguintes.

#### 4.1.1 Análise de custos

O custo estimado para cada parte do experimento foi introduzido anteriormente no tópico 3.2.1. A análise de custos, nesse projeto, é uma estimativa bastante superficial, pois os preços dos itens variam bastante, outros itens podem ser utilizados como alternativa e muitos deles foram obtidos gratuitamente.

Foram gastos aproximados R\$200,00 na montagem do experimento. Dado o fato que muitos itens são reaproveitáveis para outras práticas e o experimento envolve certa complexidade – vedação do cilindro, aquisição de dados, etc. – ele pode ser considerado econômico.

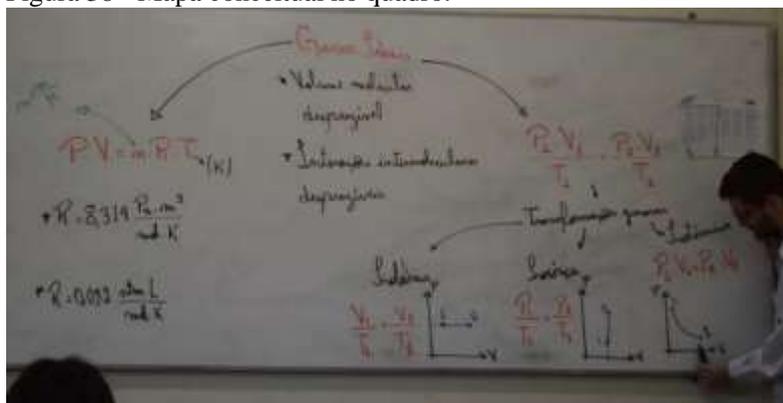
Quando comparado à modelos semelhantes disponíveis para venda em lojas de artigos experimentais para professores, verifica-se que, de fato, o custo foi baixo. Experimentos dessa natureza custam em torno de R\$1000,00. Um exemplo semelhante - que somente indica volume e pressão e o gráfico deve ser construído manualmente – foi orçado em R\$871,00 em uma loja de kits experimentais de física.

## 4.2 A APLICAÇÃO EM AULA

O primeiro momento da aula proposta, conforme discutido anteriormente, tratou dos tópicos teóricos, de forma discursiva, sobre o modelo dos Gases Ideais. O professor ministrou a aula buscando seguir a sequência lógica de forma que os tópicos foram sendo tratados do mais para o menos abrangente, visando favorecer a aprendizagem de forma subordinada através da diferenciação progressiva.

As figuras seguintes demonstram a forma que a lousa foi organizada, conforme o planejamento para a aula.

Figura 38 - Mapa conceitual no quadro.



Fonte: O autor, 2018.

Figura 39 - Mapa conceitual no quadro 2.



Fonte: O autor, 2018.

Conforme já mencionado, Faria (1989) apud Kiefer e Pilatti (2014) coloca a capacidade de oratória do docente como propriedade crucial para a manutenção e interesse dos alunos. Essa característica foge a teoria de Ausubel e não pode ser quantificada. Todavia, é importante destacar que o professor buscou utilizar termos mais simples e conduzir a aula de forma a manter os alunos com atenção. Foi verificado que os mesmos mantiveram o silêncio durante a explicação e fizeram diversos questionamentos, demonstrando interesse e completando as falas do professor, conforme exemplo extraído do áudio de uma aula:

Professor: Agora, galera, mantida a temperatura constante, a pressão e o volume não são diretamente proporcionais, mas sim **inversamente proporcionais**. O que acontece se eu diminuir o volume?

Alguns alunos: A pressão aumenta.

Esse, dentre outros momentos das aulas, sugere que o planejamento da aula e definição dos tópicos abordados e da sequência lógica para tratá-los, a organização e esquematização do conteúdo na lousa, o cuidado com os termos utilizados e, inclusive, o controle na rapidez e ênfase de algumas frases durante a explicação devem ser executados com cuidado para que o docente consiga atingir seus alunos, prender-lhes a atenção e mediar a construção do conhecimento de forma significativa.

A organização na forma de mapa conceitual foi, além de eficaz - dada a nítida atenção que os alunos mantiveram durante a aula -, também satisfatória pelo fato que o conteúdo pôde ser exposto de forma mais esquemática e, com isso, mais rápida. Invariavelmente, o tempo é um problema para professores da educação básica. É comumente relatado por professores que há poucas aulas para muito conteúdo e muitas avaliações. Tal organização permitiu que a teoria sobre o modelo dos Gases Ideais fosse trabalhada em aproximados 20 minutos. Dessa forma, há tempo para um experimento didático (como o do presente estudo) e/ou exercícios de fixação.

Outro fato importante a ser destacado é a facilidade para os alunos copiarem o conteúdo da lousa e estudarem posteriormente. Sabe-se que a construção do conhecimento é um processo que exige, além da sala de aula, estudo em casa. Acredita-se que com um mapa conceitual desenvolvido em classe em mãos, o aluno consiga relembrar e retomar os estudos posteriormente.

### 4.3 OS REGISTROS DOS ALUNOS

Em uma análise da natureza do presente estudo, a subjetividade se faz presente e a percepção do pesquisador possui relevância na análise dos dados. A pesquisa se caracteriza por exploratória, onde o objetivo é resgatar evidências da prática docente com uso do kit experimental e sua relação com o interesse e aprendizado dos discentes em relação ao conteúdo. Portanto, além dos instrumentos de coleta de dados descritos anteriormente – lista de exercícios e questionário – a análise direta do professor mediador da aula também foi registrada e serve de base para análise e discussão dos resultados.

#### 4.3.1 Análise da resolução dos exercícios

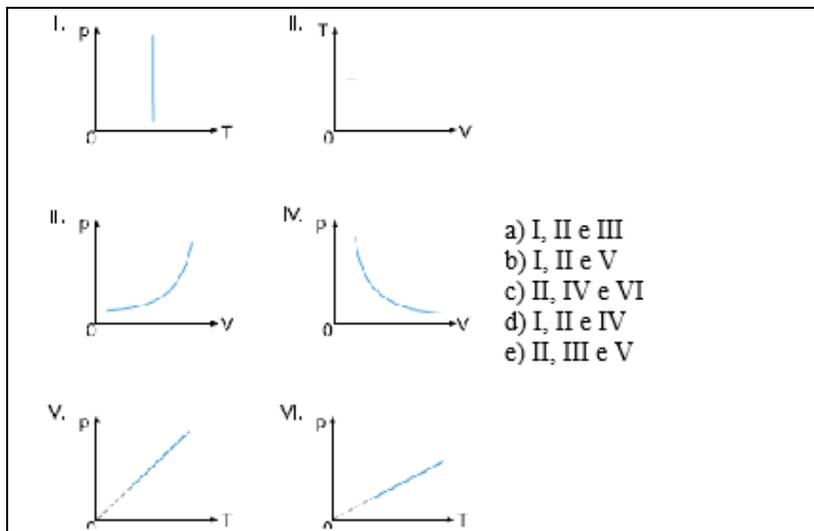
A discussão dos resultados obtidos pelos alunos resolvendo os exercícios propostos após a utilização do produto educacional em aula exposta aqui vai além do simples acerto/erro dos alunos. A análise é pautada no interesse observado nos mesmos em desenvolver os exercícios, os tipos de dúvidas e questionamentos que surgiram ao longo da resolução e os erros cometidos por eles. Dessa forma, pode-se traçar um diagnóstico do que pode ser melhorado na sequência didática do presente estudo.

A lista de exercícios resolvida em classe pelos alunos – disposta no Apêndice D – foi elaborada com exercícios extraídos de vestibulares e tratou dos cálculos envolvendo as equações apresentadas, interpretação de gráficos e relação entre as variáveis de estado dos gases. A primeira observação foi que, com poucas exceções, os alunos tentaram resolver os exercícios. Durante o tempo da aula destinado para essa atividade, diversos alunos fizeram questionamentos e, dessa forma, puderam verificar onde estavam suas dúvidas. Dos 105 alunos participantes do trabalho, somente 12 deixaram questões em branco.

As dúvidas mais recorrentes foram de matemática básica. Conforme Temczuk (2014), Silva (2013), entre outros autores, a matemática é, de fato, uma das grandes dificuldades dos jovens do ensino médio. A inversão da operação ao mudar o lado da igualdade, a propriedade distributiva nas operações com parênteses, etc, foram motivo de alguns erros.

A quinta questão da lista de exercícios proposta, que tratou sobre os gráficos, gerou muitas dúvidas com a mudança dos eixos. É comum os alunos não verificarem quais grandezas estão relacionadas no gráfico. A questão, transcrita a seguir, tem por objetivo verificar se os alunos compreenderam a relação entre pressão, volume e temperatura e conseguiriam, através desse entendimento, verificar as relações em diagramas diferentes dos diagramas  $P \times V$  apresentados em aula.

(UFSC) Dos gráficos seguintes, podem representar transformações isotérmicas, em sistemas fechados:
--



Nos gráficos I, II, V e VI, alguns alunos não conseguiram identificar o tipo de transformação ocorrida. O questionamento de um aluno, conforme transcrito, expõe o tipo de dúvida existente.

Aluno A: O gráfico I é uma reta na vertical, não deveria ser uma transformação isométrica?

Professor: Olha o que está no eixo x.

Aluno A: É temperatura, mas como eu sei a transformação?

A pergunta do aluno demonstra que ele buscou a aprendizagem de forma mecânica, somente relacionando cada transformação com seu gráfico correspondente no diagrama de Clapeyron: “curva = isotérmica, reta vertical = isométrica, reta horizontal = isobárica”. A aprendizagem mecânica faz parte do ensino tradicional desde a infância até a vida acadêmica. Os trabalhos que buscam tratar as unidades de aprendizagem de forma potencialmente significativa estão em crescente expansão, a formação de professores também, mas ainda não é possível, se é que um dia será, garantir que os alunos aprendam totalmente de forma significativa.

As exposições teóricas, experiências didáticas, resoluções de situações problemas, entre outros momentos da sala de aula devem ser planejados para que os alunos construam o conhecimento de forma significativa conforme a teoria de Ausubel. Somente a contextualização do conteúdo, ou somente a aplicação de uma aula experimental, sozinhas e/ou isoladas, não são garantia disso. Nesse contexto, o trabalho do aluno é buscar compreender o conteúdo, ter a pré-disposição, conforme citado

anteriormente, para aprender de forma significativa. Além disso, o professor deve buscar metodologias variadas e momentos que proporcionem a potencialidade de aprendizagem significativa.

A

Tabela 3 expõe os acertos dos alunos em cada questão proposta.

Tabela 3 - Acertos nos exercícios propostos.

<b>Questão</b>	<b>Certo</b>	<b>Parcialmente certo</b>	<b>Errado/Em branco</b>
<b>1</b>	87%	9%	5%
<b>2</b>	85%	10%	6%
<b>3</b>	69%	19%	12%
<b>4</b>	97%	0%	3%
<b>5</b>	90%	6%	5%
<b>6</b>	80%	13%	7%

Fonte: O autor, 2019.

O que pôde ser verificado com o momento de resolução de exercícios durante a aula com acompanhamento do professor, é que tal prática é rica para extrair dos alunos se eles de fato compreenderam a matéria e construíram o conhecimento de forma significativa. Somente com uma avaliação escrita é impossível para o docente mensurar a dimensão do que foi aprendido de forma mecânica pelo aluno e o que ele realmente compreendeu. Atividades que proporcionam a interação professor-aluno, sejam exercícios ou experiências didáticas, podem revelar ao professor, através dos questionamentos e exclamações dos alunos, a forma com que eles absorveram a matéria. Os alunos conseguiram um bom desempenho com a resolução dos problemas propostos, valendo a ressalva de que houve acompanhamento por parte do professor, pois, conforme exposto, o objetivo não foi avaliar o desempenho, mas sim verificar a construção do conhecimento de forma significativa.

#### **4.3.2 Análise do Questionário**

O questionário aplicado, disposto no Apêndice C, foi respondido por todos os 105 alunos das turmas onde a metodologia foi apresentada e

as respostas são base para verificação do impacto da mesma. Para a primeira afirmação, as respostas foram:

Figura 40 - Primeira afirmação do questionário.



Fonte: O autor, 2019.

Verifica-se, pelo gráfico acima, que os alunos têm diversas percepções quanto à sua compreensão do conteúdo de Física. Alguns consideram que compreendem o conteúdo, outros não. O espectro verificado é comum no cotidiano dos professores. De fato, encontram-se muitos alunos com extrema facilidade na matéria, outros que precisam de algum esforço para compreensão dos conteúdos e aqueles que não conseguem/não têm interesse em assimilar o que é transmitido em sala de aula.

A segunda afirmação diz respeito à frequência com que eles são expostos a metodologias que envolvam experimentação nas aulas de física.

Figura 41 - Segunda afirmação do questionário.



Fonte: O autor, 2019.

Por se tratar de um colégio da rede privada, com foco preparatório para o vestibular, são poucas as vezes que experimentos são utilizados em sala de aula. A questão dois demonstrou isso, visto que a maioria dos alunos expõe que experimentos não costumam ser utilizados nas aulas. Alguns alunos consideram que experimentos costumam ser utilizados e estes foram questionados o porquê da resposta, o que gerou discussão na sala. O trecho transcrito abaixo, faz essa demonstração.

Professor: Você considera mesmo que são utilizados experimentos com frequência nas aulas?

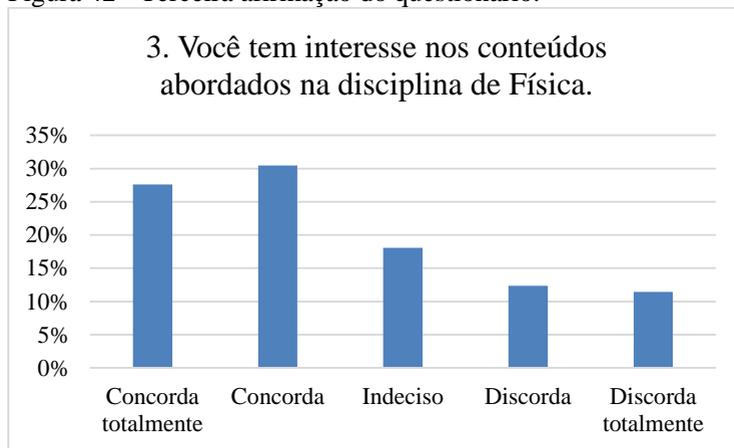
Aluno A: Sim. O professor já trouxe coisas para a aula. Dinamômetro, multímetro... (pensando)... e eu acho que não precisa de experiência pra aprender, não cai no vestibular isso.

Aluno B: Não cai mas ajuda a gravar... a gente lembra na hora da prova.

Alguns alunos argumentaram que o experimento tira tempo da aula que poderia ser utilizado para resolução de exercícios, outros que a lógica envolvida no entendimento do experimento é importante... de forma geral, as turmas colocaram que a utilização de experiências nas aulas de física é importante, mas não deve tomar o lugar da explicação teórica e da resolução de problemas. Apesar de alguns dos alunos ficarem totalmente alheios, foi interessante a percepção da maioria dos discentes, preocupados com a própria construção do conhecimento e avaliando seu comportamento e a sequência didática a qual foram expostos.

A terceira afirmação tratava do conteúdo da disciplina de Física.

Figura 42 - Terceira afirmação do questionário.

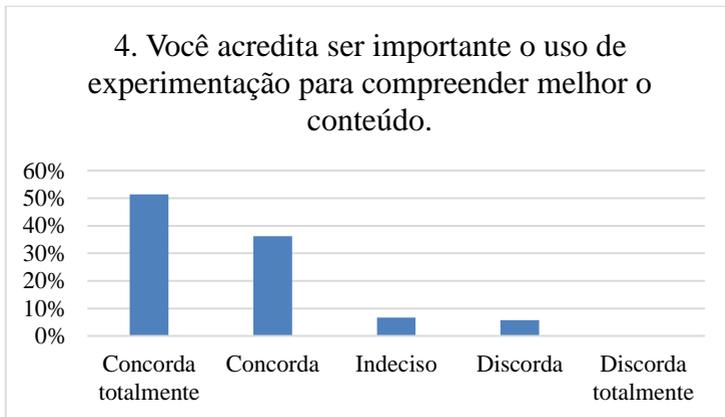


Fonte: O autor, 2019.

Verifica-se que, em geral, os alunos têm interesse no conteúdo. Durante a discussão, eles argumentaram que depende muito da matéria. Os relatos foram de que aqueles conteúdos relacionados ao dia-a-dia são mais interessantes. Uma aluna relatou: “Tem coisa que a gente estuda e parece que não existe”. Essa afirmação demonstra a dificuldade, tanto para o professor transmitir, quanto para o aluno assimilar, que estudamos modelos criados pelo homem para explicar a natureza. Alguns modelos, especialmente aqueles estudados no Ensino Médio, são muito simples para explicar a magnitude dos fenômenos e, por esse motivo, parecem estar distantes da realidade.

A quarta afirmação buscou verificar se os alunos consideram o uso de experimentos importante na construção do conhecimento.

Figura 43 - Quarta afirmação do questionário.



Fonte: O autor, 2019.

O que se percebe é que os alunos concordam que o uso de experiências didáticas é importante na compreensão do conteúdo. Essa questão foi discutida juntamente com a afirmação 2 do questionário e, conforme exposto, eles têm a noção de que a experimentação é valiosa na construção do conhecimento, mas há pouco tempo para aplicá-la. Nesse momento o professor levantou o seguinte questionamento:

Professor: E na experiência da última aula, conseguimos fazer tudo em uma aula só. O que vocês acharam?

Dentre as respostas obtidas, destaca-se: “Acho que tem que ser assim... explicar e fazer a experiência ao mesmo tempo. O professor tem que conciliar os dois, sem matar a aula”.

Tal resposta demonstra a importância do planejamento. A inserção de um experimento didático não pode ser feita de qualquer forma. Fazer uma demonstração experimental sem objetivo bem definido não agrega à aula, ao conteúdo e aos alunos. A experiência deve ser planejada conforme a programação, o conteúdo e o público alvo. Além disso, sabe-se que muitos alunos não se preocupam e não avaliam a prática docente dos professores. Todavia, existem aqueles comprometidos que sempre estarão atentos e, algumas vezes com razão, prontos para acusar o professor de “matar aula”.

A afirmação seguinte procurou verificar o interesse dos alunos no kit experimental utilizado.

Figura 44 - Quinta afirmação do questionário.



Fonte: O autor, 2019.

Dos 105 entrevistados, 78% concorda ou concorda totalmente que o experimento ajudou a despertar interesse. O que foi percebido na aula é que os alunos se interessaram, em especial, pelo Arduino. A placa, a protoboard, todo o circuito montado, etc. Surgiram diversos questionamentos sobre as possibilidades de uso do equipamento. Além disso, os alunos se demonstraram capazes de propor experiências com o uso do kit experimental. Vários testes, não planejados pelo professor, foram executados no momento da aula por sugestão dos alunos, o que comprova o interesse dos mesmos.

É importante ressaltar que os alunos expostos ao produto educacional estão acostumados com aulas puramente expositivas. Portanto, qualquer mudança na rotina iria causar interesse dos mesmos. É da natureza humana se impressionar com o novo, o diferente. Logo, o objetivo aqui não é dizer “essa é a maneira correta de dar aulas” e sim “essa é mais uma boa possibilidade, dentre muitas existentes, para ensinar Física”.

A sexta afirmação do questionário tratou da relação experimento-compreensão percebida pelos alunos.

Figura 45 - Sexta afirmação do questionário.



Fonte: O autor, 2019.

Essa afirmação está, de certa forma, ligada à anterior e sugere relação entre interesse e aprendizado. Se os alunos consideraram que o experimento despertou interesse pelo conteúdo, conseqüentemente, eles vão considerar que sua compreensão do conteúdo também aumentou. Um relato interessante coletado foi: “É bom que assim a gente acredita no que o professor diz. Porque só falando parece que é tudo inventado”. Novamente a discussão foi em torno do fato que estudamos modelos e estes possuem limitações. O professor aproveitou para falar sobre o comportamento real dos gases, que o experimento ocorria em baixas pressões, mas em situações de pressões muito altas, aquele modelo não seria mais válido.

A afirmação sete verificou se os alunos estão abertos a participarem de mais aulas experimentais.

Figura 46 - Sétima afirmação do questionário.



Fonte: O autor, 2019.

Pelas respostas anteriores, onde os alunos demonstraram gostar das práticas experimentais e julgarem que elas ajudam a despertar interesse e a compreender os conteúdos, a resposta da sétima afirmação era esperada. Os alunos (88%) querem mais experimentação nas aulas de Física. Novamente, eles fizeram a ressalva de que os experimentos devem ser inseridos respeitando o tempo disponível, sem esquecer da explanação teórica e resolução de exercícios.

A última afirmação em escala Likert do questionário buscou investigar o entendimento dos alunos na relação teoria e prática através do experimento.

Figura 47 - Oitava afirmação do questionário.



Fonte: O autor, 2019.

Os discentes consideraram que o experimento ajudou na compreensão das aplicações do modelo dos Gases Ideais. Os comentários mais interessantes referentes à discussão dessa questão foram:

Aluno A: A gente conseguiu ver com números o que acontece naqueles exemplos que o professor falou (referindo-se aos exemplos citados em aula).

Aluno B: O legal é que a gente sente na mão a pressão do êmbolo (demonstrando o entendimento do conceito de pressão).

Aluno C: É tipo o que acontece na geladeira? (relacionando o experimento com o fato de não conseguirmos abrir a geladeira pela diferença de pressão interna e externa)

Na última questão, foi solicitado aos alunos que apresentassem exemplos de aplicações dos conteúdos trabalhados na aula anterior. Os resultados estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Pergunta do questionário.

<b>9. Em quais situações cotidianas você verifica a relação entre Pressão, Volume e Temperatura de um gás?</b>	
Pneus	34
Sprays	27
Geladeira/Freezer	21
Panela de Pressão	17
Balão de festas	14
Diferença de altitude	11
Refrigerante	5
Motor de carro	5
Termômetro	4
Bomba de bola	2
Ar-condicionado	2
Água com canudo	2
Garrafa térmica	2
No Ar	1
Botijão de gás	1
Abrir água com gás	1
Nadando	1
Não sei/Em branco	1

Fonte: O autor, 2019.

Os alunos usaram palavras diferentes e alguns exemplos foram, portanto, agrupados em categorias. Mas a maioria dos discentes foi capaz de citar mais de um exemplo. Alguns, inclusive, mesmo sem terem sido solicitados, descrever o porquê da escolha e como ocorre a relação entre as variáveis de estado em cada exemplo. As aplicações clássicas do comportamento dos gases, citadas pelos professores e disponíveis nos livros didático foram, por razões óbvias, as mais lembradas.

Somente um aluno deixou a questão em branco, evidenciando, novamente, a ativa participação dos discentes na atividade. Alguns alunos utilizaram exemplos incorretos, de certa forma, demonstrando confusão entre os conceitos apresentados no modelo dos Gases Ideais com conceitos de Hidrostática e Calorimetria.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido pela presente dissertação demonstrou resultados pertinentes na análise da metodologia desenvolvida na construção de um produto educacional para demonstração experimental quantitativa do comportamento das variáveis de estado de um gás ideal e sua aplicação em uma sequência didática guiada pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Foi observado que na literatura existem diversas propostas de aplicações de experimentos didáticos de baixo custo, especialmente em artigos recentes nas revistas de ensino de física. Tais propostas demonstram-se executáveis e apresentam bons resultados quando são inseridas em sequências didáticas planejadas e com objetivos bem definidos. O Arduino destaca-se pela capacidade de demonstrações qualitativas de fenômenos físicos, mas, especialmente, pela coleta de dados quantitativos. Desse modo, o desenvolvimento de projetos de aplicação do mesmo em procedimentos experimentais voltados ao ensino deve continuar a crescer nos próximos anos.

Na construção do produto educacional pôde-se perceber que, além do baixo custo, a vasta quantidade de material e a comunidade online tornam o Arduino vantajoso também no fato de que qualquer um pode pesquisar, aprender e desenvolver projetos com o mesmo. Além disso, todos os materiais utilizados na construção do produto educacional foram de baixo custo e facilmente encontrados. Houve diversas dificuldades na construção do kit experimental – destacam-se a escolha dos materiais adequados e a vedação do cilindro -, todavia, com o manual do professor presente no documento essa prática pode ser replicada facilmente pelo docente que tiver interesse.

Constata-se, através dos resultados e relatos obtidos, que a sequência didática proposta é potencialmente significativa. A utilização do mapa conceitual na exposição da teoria e o experimento didático foram capazes de prender a atenção, despertar interesse e proporcionar compreensão do conteúdo, conforme observado pelo professor e relatado pelos próprios alunos. Ademais, a aprendizagem significativa ocorre pelo contato direto do professor com os alunos, pois somente de forma subjetiva, através da análise das exclamações e questionamentos dos mesmos, é possível apurar se os conceitos foram apreendidos pelos discentes de forma significativa ou mecânica.

A sequência didática da presente dissertação é, portanto, mais uma alternativa metodológica para melhora do panorama atual de degeneração

no ensino de ciências. Embasada na Teoria da Aprendizagem Significativa, foi possível o desenvolvimento de uma forma diferenciada de aula com poucos recursos e respeitando o pouco tempo disponível, na maioria das situações. Sugere-se que, para pesquisas futuras, a metodologia seja aplicada para públicos diferentes, pois os dados foram obtidos somente com 105 indivíduos de mesma faixa etária e condições socioeconômicas semelhantes. Além disso, propõe-se que sejam aplicados instrumentos de coletas de dados em datas distantes da execução da atividade para mensurar a perenidade do conhecimento obtido pelos discentes.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICS TEACHERS (United States Of America). **Role of Labs in High School Physics**.1992. Disponível em: <<https://www.aapt.org/resources/policy/RoleOfLabs.cfm>>. Acesso em: 11 jan. 2019

ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

ATKINS, P.W. **Físico-Química**; vol. 1, 8ª ed. LTC Editora, 2008.

CALLEN, Herbert B.. **Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics**. 2. ed. Pennsylvania: John Wiley & Sons, Inc., 1985.

CAMEL, Tânia de Oliveira; FILGUEIRAS, Carlos Alberto Lombardi. **A importância da lei de Gay-Lussac para a classificação dos compostos orgânicos**. Quím. Nova, São Paulo , v. 36, n. 5, p. 738-747, 2013 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422013000500022&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422013000500022&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 18 nov. 2016.

CANTO FILHO, Alberto Bastos do; LIMA, José Valdeni de; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Mapas Conceituais de Projeto: uma ferramenta para projetar objetos de aprendizagem significativa. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 23, n. 3, p. 723-740, jul. 2017 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132017000300723&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000300723&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 14 jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320170030012>.

CASTELLAN, Gilbert W. **Fundamentos de físico-química**. Rio de Janeiro, LTC Editora, 2007

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 33, n. 4, p.4503-4503, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172011000400018>.

CICUTO, Camila Aparecida Tolentino; MENDES, Bárbara Chagas; CORREIA, Paulo Rogério Miranda. Nova abordagem para verificar como os alunos articulam diferentes materiais instrucionais utilizando mapas conceituais. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 35, n. 3, p. 1-8, Sept. 2013 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172013000300019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172013000300019&lng=en&nrm=iso)>. access on 14 Jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172013000300019>.

CORREIA, Paulo Rogério Miranda; CICUTO, Camila Aparecida Tolentino; DAZZANI, Bianca. Análise de vizinhança de mapas conceituais a partir do uso de múltiplos conceitos obrigatórios. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 20, n. 1, p. 133-146, mar. 2014 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132014000100008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000100008&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 14 jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-7313201400100008>.

KIEFER, Neci Iolanda Schwanz; PILATTI, Luiz Alberto. Roteiro para a elaboração de uma aula significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.1-23, 15 maio 2014. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/s1982-873x2014000100001>

KLEIN, Tânia Aparecida da Silva; LABURĐ, Carlos Eduardo. Multimodos de representação e Teoria da Aprendizagem Significativa: Possíveis interconexões na construção do conceito de biotecnologia. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p.137-152, ago. 2012

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1998.

MOREIRA, Michele Maria Paulino Carneiro et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, S.l., v. 35, n. 3, p.721-745, dez. 2018.

NETZ, Paulo Augusto; ORTEGA, George Gonzáles. **Fundamentos de Físico-Química: uma abordagem conceitual para as ciências farmacêuticas**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

VAN NESS, H.C.; ABBOT, M.M. **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**; vol. 1 5ª ed. LTC, Rio de Janeiro, 2000.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da; CAVALCANTI, Juliano; PEREZ, Carlos Ariel Samudio. Unidade de ensino potencialmente significativa para a abordagem do sistema respiratório humano: estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.203-225, 31 dez. 2016. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v9n3.4005>.

SANTOS, José Altenis dos; MAGNO, Wictor Carlos. **Instrumentação Eletrônica com o Arduino Aplicada ao Ensino de Física**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <[http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao\\_JoseAltenis.pdf](http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_JoseAltenis.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2018.

SILVA, José Carlos Xavier; LEAL, Carlos Eduardo dos Santos. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 39, n. 1, e1401, 2017 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172017000100501&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000100501&lng=en&nrm=iso)>. access on 14 Jan. 2019. Epub Oct 13, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0167>.

SILVA, Raquel Silveira da; MARTINEZ, Marcia Lorena Saurin. **Dificuldades na Matemática Básica: O Processo de Ensino-Aprendizagem Para a Vida**. 2013. XII Congresso Nacional de Educação. Disponível em: [http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24274\\_13230.pdf](http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24274_13230.pdf). Acesso em: 09 jan. 2019.

SILVEIRA, Sérgio; GIRARDI, Maurício. **Desenvolvimento de um Kit Experimental com Arduino para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio**. 2016. 275 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/167485/dissertacao.pdf?sequence=5>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

SOUZA, Anderson R. de et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.01-05, mar. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172011000100026>.

TEM CZUK, Rosimeri; BENEVIDES, Paula Francis. **Matemática Básica no Ensino Médio**. 2014. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pdebusca/pr\\_oducoes\\_pde/2014/2014\\_utfpr\\_mat\\_artigo\\_rosimeri\\_temczuk.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pdebusca/pr_oducoes_pde/2014/2014_utfpr_mat_artigo_rosimeri_temczuk.pdf). Acesso em: 09 jan. 2019.

## **APÊNDICE A – MANUAL DE APOIO AO PROFESSOR**

### **PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS VARIÁVEIS DE ESTADO DE UM GÁS IDEAL COM USO DO ARDUINO**

João Michels Cardoso

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Zannin da Rosa.

Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina  
– Campus Araranguá no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

Março  
2019

## APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a):

As ciências da natureza – física, química e biologia - fazem uso de leis, modelos matemáticos e representações para a interpretação dos dados empíricos, explicação de fenômenos cotidianos e aplicações em diversos setores da indústria. Nesse sentido, Silva (2016) sugere que devem ser aplicadas diversas iniciativas para minimizar a atual má formação em física na educação básica e despertar o interesse dos discentes pelas áreas de ciência e tecnologia.

Os custos dos experimentos didáticos em física têm diminuído nos últimos anos e muitas propostas de baixo custo estão sendo sugeridas em anais de congressos, artigos, dissertações e teses, como, por exemplo, nos trabalhos de Souza (2011), Santos (2015) e Silveira (2016). Todavia, ainda existem muitos experimentos não acessíveis por questões financeiras. Nesse sentido, a plataforma Arduino têm se destacado nas iniciativas de introdução de experimentação e aquisição de dados no ensino. Ela possui, além do baixo custo, material de consulta abundante disponível na internet, é de fácil utilização para leigos em programação e possibilita a interação com diversos fenômenos físicos abordados no ensino médio.

Dentre os diversos objetos de estudo da disciplina de Física no ensino médio, destaca-se – usualmente na segunda série – o estudo da termologia. Os conceitos de temperatura e calor, dilatação térmica, gases ideais, termodinâmica, entre outros, são tratados a partir de modelos simples que, no entanto, são sustentação para aqueles que optam pela área tecnológica, dada a vasta aplicabilidade de tais conceitos. Além de sua importância como base para o ensino superior, tais conteúdos são recorrentes nos exames – ENEM e vestibulares – para ingresso na graduação.

Nesse sentido, este material de apoio, desenvolvido como parte integrante ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) demonstra a construção de um aparato experimental de baixo custo com utilização do Arduino e propõe sua aplicação em uma sequência didática pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Transformação Isotérmica. ....	92
<b>Figura 2.</b> Transformação Isobárica.....	93
<b>Figura 3.</b> Transformação Isocórica.....	94
<b>Figura 4.</b> Fluxograma do algoritmo.....	98
<b>Figura 5.</b> Plataforma em MDF. ....	100
<b>Figura 6.</b> Cilindro de PVC. ....	101
<b>Figura 7.</b> Tampas de PVC. ....	102
<b>Figura 8.</b> Anéis de borracha para vedação. ....	102
<b>Figura 9.</b> Grafite em pó. ....	103
<b>Figura 10.</b> Barras de aço.....	103
<b>Figura 11.</b> Porcas sextavadas. ....	104
<b>Figura 12.</b> Cola quente. ....	104
<b>Figura 13.</b> Arduino UNO R3.....	104
<b>Figura 14.</b> Jumpers. ....	105
<b>Figura 15.</b> Sensor BMP 180. ....	105
<b>Figura 16.</b> Sensor HC-SR04.....	106
<b>Figura 17.</b> Display LCD. ....	106
<b>Figura 18.</b> Potenciômetro WH148-1. ....	106
<b>Figura 19.</b> Protoboard.....	107
<b>Figura 20.</b> Bateria 9V.....	107
<b>Figura 21.</b> Tampa inferior do cilindro. ....	108
<b>Figura 22.</b> Tampa superior do cilindro. ....	108
<b>Figura 23.</b> Montagem do pistão.....	109
<b>Figura 24.</b> Guia do pistão. ....	109
<b>Figura 25.</b> Torno mecânico. ....	110
<b>Figura 26.</b> Fixação do cilindro na plataforma. ....	111
<b>Figura 27.</b> Sensores fixados no cilindro. ....	111
<b>Figura 28.</b> Circuito do Arduino. ....	112
<b>Figura 29.</b> O produto educacional. ....	114

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>91</b>
1.1	GASES IDEAIS .....	91
1.1.1	Lei de Boyle.....	91
1.1.2	Lei de Charles.....	92
1.1.3	Lei de Gay-Lussac.....	93
1.1.4	Equação de Clapeyron.....	94
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>96</b>
2.1	A PROGRAMAÇÃO.....	96
2.1.1	Programas Utilizados.....	96
2.1.2	Bibliotecas Utilizadas.....	97
2.1.3	O Algoritmo.....	97
2.2	A MONTAGEM DO EXPERIMENTO.....	100
2.2.1	Materiais Utilizados.....	100
2.2.2	Montagem do Experimento.....	108
2.2.3	Montagem do Circuito.....	112
2.3	SUGESTÃO DE PLANO DE AULA.....	114
2.4	SUGESTÃO DE EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO .....	118

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 GASES IDEAIS

Todo gás é formado de partículas (átomos, moléculas ou íons) que deslocam-se livremente. No estado gasoso, a matéria tem a característica de se expandir espontaneamente, ocupando a totalidade do recipiente que a contém. Sendo assim, não tem forma nem volume definidos e consiste em uma coleção de partículas (moléculas, átomos, íons, elétrons, etc.) cujos movimentos são aproximadamente aleatórios.

Segundo Netz e Serrano (2002), as moléculas de gás ideal movem-se com velocidade constante em linha reta e não interagem entre si. O volume efetivamente ocupado pelas moléculas é desprezível quando comparado com o volume do recipiente. Estritamente falando, o volume molecular de um gás ideal é nulo.

As variáveis pressão, volume e temperatura são chamadas de variáveis de estado. E suas relações são definidas pelas leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac.

#### 1.1.1 Lei de Boyle

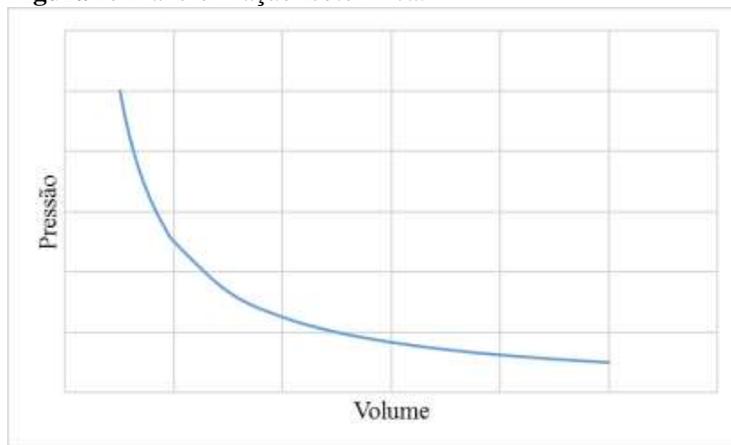
De acordo com Ness (2005), Robert Boyle, realizou as primeiras medidas quantitativas de pressão (P) e volume (V) em sistemas gasosos. Desempenhou um papel importante em direção à descrição atomística dos gases, tendo sido interpretada por Daniel Bernoulli como devendo-se ao fato de a pressão de um gás ser resultado de um efeito cinético de seus átomos. Boyle percebeu também, que **“o volume é inversamente proporcional à pressão quando a temperatura é mantida constante”**. Sendo 1 e 2 diferentes estados da amostra gasosa, temos:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (6)$$

De forma geral, em especial no ensino médio, as transformações gasosas são representadas em diagramas de pressão por volume, chamados diagramas de Clapeyron. A representação gráfica de grandezas inversamente proporcionais é uma hipérbole, conforme a

**Figura 1.**

**Figura 1.** Transformação Isotérmica.



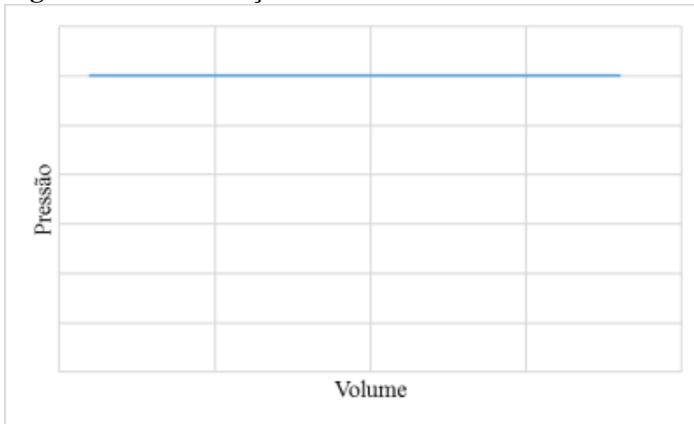
Fonte: O autor, 2018.

### 1.1.2 Lei de Charles

Segundo Castellan (2007), a verificação experimental da relação entre volume e temperatura, para uma pressão constante, foi realizada por Jacques Charles. Uns anos mais tarde, Louis Joseph Gay-Lussac chegou ao mesmo resultado - hoje conhecida como Lei de Charles ou primeira Lei de Charles e Gay-Lussac: **"Sob uma mesma pressão, o volume de um gás varia linearmente com a temperatura"**.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (7)$$

Sendo mantida a pressão constante, a representação no diagrama PV é, portanto, uma reta horizontal.

**Figura 2.** Transformação Isobárica.

Fonte: O autor, 2018.

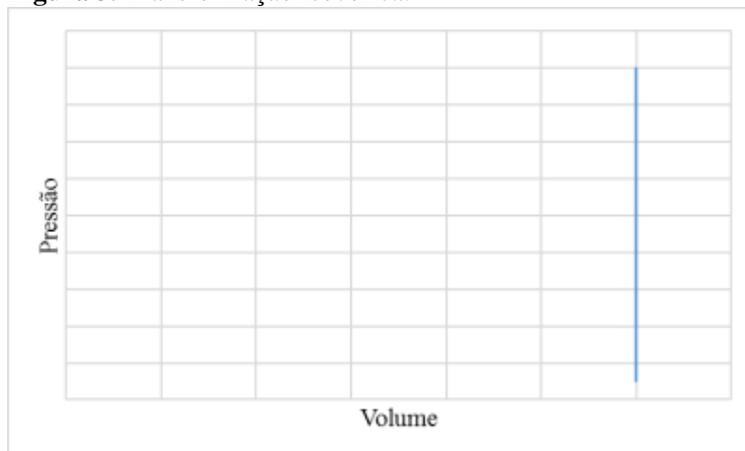
### 1.1.3 Lei de Gay-Lussac

Atkins (2008), afirma que um outro tipo de transformação pode ocorrer num sistema gasoso - a transformação isocórica, durante a qual o volume do gás se mantém constante, enquanto a pressão e a temperatura variam. As pesquisas realizadas com processos isocóricos conduziram à Lei de Gay-Lussac ou segunda Lei de Charles e Gay-Lussac: "**Mantendo-se constante o volume, as pressões de uma massa gasosa variam linearmente com a temperatura**".

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (1)$$

Camel (2013), afirma que Gay-Lussac concluiu também que, partindo do mesmo volume inicial, o aumento de volume era igual para todos os gases, para igual aumento de temperatura.

Dado o volume constante, a representação gráfica no diagrama de Clapeyron será uma reta vertical.

**Figura 3.** Transformação Isocórica.

Fonte: O autor, 2018.

#### 1.1.4 Equação de Clapeyron

De acordo com Castellan (2007), a Lei de Avogadro, decisiva para o desenvolvimento posterior da teoria atômico-molecular coloca: “volumes iguais de gases diferentes contêm igual número de moléculas quando medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão”. Portanto, o volume de um gás ideal é proporcional ao número de moléculas ( $n$ ):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

Atkins (2008) afirma que Emil Clapeyron reunindo os trabalhos experimentais de Boyle, Charles, Gay-Lussac e Avogadro chegou a equação da Lei dos Gases Ideais:

$$PV = nRT \quad (3)$$

Sendo  $R$  a constante dos gases ideais, de valor, no S.I., 8,314 J/mol K. Esta equação é aproximada para qualquer gás, mesmo não considerando o modelo de gás ideal. Seu ajuste aos dados experimentais melhora quando a pressão tende a zero. O gás ideal segue exatamente esta equação.

Segundo Atkns (2008), a equação do gás ideal tem grande importância física e é relevante na dedução de uma variedade de relações termodinâmicas. Além disso, esta equação também tem significativa utilidade para o cálculo das propriedades de um gás em diversas situações. Com exemplos tem-se, o volume molar de um gás em condições normais de temperatura de pressão. Pode-se considerar, dessa forma, a pressão de 1 bar ( $10^5$  Pa) e 273,15 K, nessas condições obtém-se o volume molar ( $V/n$ ) de  $22,414\text{dm}^3\text{mol}^{-1}$ .

Castellan (2007) afirma que, em condições normais, a maioria dos gases reais tem comportamento que se desvia apenas levemente do ideal. Em sistemas a alta pressão, que começaram a ser importantes com o avanço da tecnologia, não seguem o formalismo descrito até aqui. Seu comportamento desvia-se consideravelmente do comportamento dos gases ideais. Esses gases são chamados de gases reais e existem outros modelos, que não são objeto de estudo do presente trabalho, para o equacionamento dos gases sob essas condições.

## 2 METODOLOGIA

Nesta seção são expostos os métodos utilizados para a construção do produto educacional e propostas para sua aplicação em sala de aula

### 2.1 A PROGRAMAÇÃO

As seções seguintes tratam da metodologia computacional para o desenvolvimento do experimento.

#### 2.1.1 Programas Utilizados

Alguns softwares são requisitos para a implementação da atividade prática, conforme a presente metodologia. São eles:

- **Arduino IDE:** é a interface de programação do Arduino. Seu download está disponível no site da plataforma (<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>) e é nessa interface que o algoritmo é desenvolvido;
- **PLX-DAQ:** trata-se de um suplemento de software para o Microsoft Excel. Ele adquire dados de qualquer microcontrolador e eleva os números em colunas à medida que eles chegam. Essa ferramenta fornece uma fácil análise de planilha de dados coletados no campo, análise laboratorial de sensores e monitoramento de equipamentos em tempo real. Foi utilizada para transposição dos dados lidos pelos sensores para o editor de planilhas para a construção dos gráficos em tempo real. Pode ser obtido no site de sua desenvolvedora, a empresa Parallax (<https://www.parallax.com/downloads/plx-daq>).
- **Microsoft Office/Excel 2000 ou 2003®:** são os editores de planilhas suportados pelo programa PLX-DAQ. Não foram feitos testes com versões mais novas.
- **Microsoft Windows 7® ou versão anterior:** a funcionalidade do programa PLX-DAQ foi testada somente no sistema operacional Windows 7. O programa funcionou perfeitamente, apesar de a Parallax indicar que o mesmo requer Windows 98.

### 2.1.2 Bibliotecas Utilizadas

Bibliotecas são, em programação, conjuntos de funções já escritas por outros programadores. O site do Arduino fornece algumas bibliotecas e ferramentas de busca para outras (<https://www.arduino.cc/en/Reference/Libraries>). Além disso, o próprio programa Arduino IDE possui um buscador de bibliotecas em Sketch>Import Library.

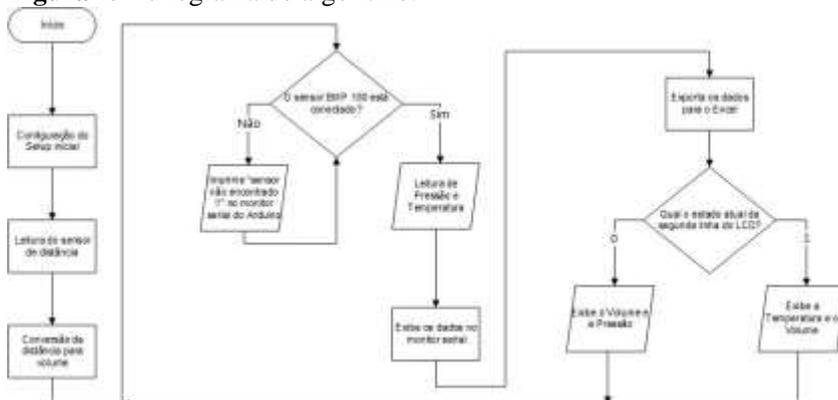
Para o programa desenvolvido, são necessárias as seguintes bibliotecas:

- **Wire.h:** essa biblioteca permite que você se comunique com dispositivos I2C (Inter-Integrated Circuit). No programa, ela tem a função de comunicação com o sensor de temperatura e pressão BMP180.
- **Adafruit\_BMP085.h:** é uma biblioteca específica para o sensor BMP180. Ela simplifica a programação para o seu funcionamento.
- **Ultrasonic.h:** é a biblioteca para o sensor ultrassônico utilizado na leitura da distância (volume). Torna mais fácil a programação para o funcionamento do sensor.
- **LiquidCrystal.h:** essa biblioteca permite que a placa Arduino controle um display LCD. Está relacionada com a leitura dos dados no visor LCD.

### 2.1.3 O Algoritmo

O algoritmo em questão pode ser descrito pelo fluxograma demonstrado na **Figura 4**.

**Figura 4.** Fluxograma do algoritmo.



Fonte: O autor, 2018.

As linhas de código utilizadas no Arduino IDE são:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Ultrasonic.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12,11, 5, 4, 3, 2);
const int echoPin = 7;
const int trigPin = 6;
Ultrasonic ultrasonic(trigPin,echoPin);
int distancia;
String result;
Adafruit_BMP085 bmp180;
int mostrador = 0;
```

```
void setup()
{
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  if (!bmp180.begin())
  {
    Serial.println("Sensor nao encontrado !!");
    while (1) {}
  }
}
```

```

}
Serial.println("CLEARDATA");
Serial.println("LABEL, Hora,Volume ,Pressao");
}

void loop()
{
  hcsr04();
  Serial.print("DATA, TIME,");
  Serial.print(result);
  Serial.print(",");
  Serial.println(bmp180.readPressure());
  delay (3000);

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temp.:");
  lcd.print(bmp180.readTemperature()+273);
  lcd.print(" K");
  if (mostrador == 0)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Press.:");
    lcd.print(bmp180.readPressure());
    lcd.print(" Pa");
  }
  if (mostrador == 1)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Vol.:");
    lcd.print(result);
    lcd.print(" mL");
  }
  mostrador = !mostrador;
}

void hcsr04(){
  digitalWrite(trigPin, LOW);

```

```
delayMicroseconds(2);  
digitalWrite(trigPin, HIGH);  
delayMicroseconds(10);  
digitalWrite(trigPin, LOW);  
distancia = (ultrasonic.Ranging(CM))*(ÁREA DA BASE EM CM2);  
result = String(distancia);  
delay(500);  
}
```

## 2.2 A MONTAGEM DO EXPERIMENTO

### 2.2.1 Materiais Utilizados

Essa seção é reservada à especificação de todos os materiais utilizados na montagem do experimento didático. É importante salientar que diversas adaptações podem ser feitas.

- **Chapa de MDF:**

É interessante o uso de uma chapa de MDF como plataforma para o experimento.

**Figura 5.** Plataforma em MDF.



Fonte: O autor, 2018.

- **Cano PVC 80 mm:**

O cilindro é feito de um pedaço de, aproximadamente, 20 cm de um cano PVC de 80 mm de diâmetro interno. As vantagens desse material são o baixo custo e o fato de possuir ótima simetria em seu diâmetro.

**Figura 6.** Cilindro de PVC.



Fonte: O autor, 2018.

- **Tampão para Cano PVC 80 mm:**

O cilindro deve ser vedado com tampas, também de PVC. Na figura abaixo, verifica-se a tampa superior do cilindro, já com os furos para passagem de ar.

**Figura 7.** Tampas de PVC.



Fonte: O autor, 2018.

- **Anel de vedação O-ring de 72 mm:**

A vedação do pistão pode ser feita através de um anel de borracha de vedação.

**Figura 8.** Anéis de borracha para vedação.



Fonte: O autor, 2018.

- **Grafite em pó – Lubrificante:**

Para a lubrificação interna do cilindro, o grafite em pó produz os melhores efeitos.

**Figura 9.** Grafite em pó.



Fonte: O autor, 2018.

- **Barras roscadas de aço:**

A guia do pistão e o suporte para o cilindro foram construídas através de hastes de aço com roscas.

**Figura 10.** Barras de aço.



Fonte: O autor, 2018.

- **Porcas sextavadas:**

Os encaixes necessários na guia do pistão e no suporte podem ser feitos com pequenas porcas de aço, facilmente encontradas em lojas de materiais. As porcas devem possuir dimensões idênticas às hastes utilizadas. Além disso, um pequeno pedaço de aço é utilizado para prender o cilindro ao restante do aparato.

**Figura 11.** Porcas sextavadas.



Fonte: O autor, 2018.

- **Cola quente:**

Para vedação da parte de baixo do cilindro, utiliza-se cola quente.

**Figura 12.** Cola quente.



Fonte: O autor, 2018.

- **Placa Arduino UNO R3:**

Qualquer outro modelo de Arduino pode ser utilizado.

**Figura 13.** Arduino UNO R3.

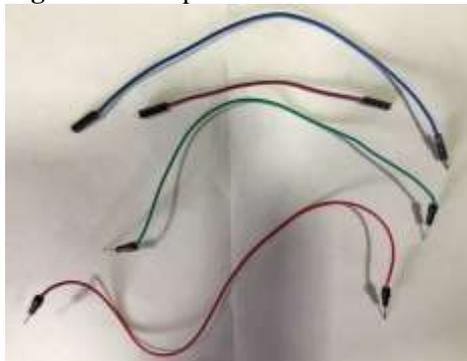


Fonte: O autor, 2018.

- **Jumpers:**

As conexões podem ser realizadas através de jumpers macho/macho e macho/fêmea, conforme a necessidade. Eles podem ser adquiridos juntamente ao Arduino, em kits, ou em isoladamente em pacotes de diversas unidades.

**Figura 14.** Jumpers.



Fonte: O autor, 2018.

- **Sensor BMP 180:**

O sensor BMP 180 para Arduino é um sensor de pressão e temperatura. Segundo o *datasheet* do produto, sua *range* de leitura é 300-1100 hPa e sua *accuracy* é de 0,5 hPa. Não foram encontrados dados referentes aos seus limites na leitura de temperatura. Ele é utilizado no experimento dentro do cilindro, para medida dessas propriedades do gás.

**Figura 15.** Sensor BMP 180.



Fonte: O autor, 2018.

- **Sensor HC-SR04:**

O sensor HC-SR04 é um sensor de distância ultrassônico. Segundo o *datasheet* do produto, sua *range* de leitura é de 2 cm até 4 m e sua *accuracy* é de 3 mm. É utilizado para medida indireta do volume de ar dentro do cilindro.

**Figura 16.** Sensor HC-SR04.



Fonte: O autor, 2018.

- **Display LCD Arduino:**

Para visualização dos valores medidos, é utilizado um display LCD para Arduino.

**Figura 17.** Display LCD.



Fonte: O autor, 2018.

- **Potenciômetro WH148-1:**

Para controlar o brilho do display LCD, utiliza-se um potenciômetro para Arduino.

**Figura 18.** Potenciômetro WH148-1.

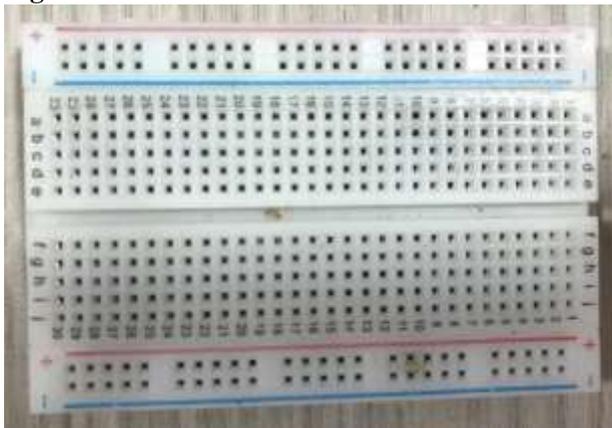


Fonte: O autor, 2018.

- **Protoboard 400 pontos:**

A protoboard é uma matriz de contato utilizada para montagem de circuitos elétricos.

**Figura 19.** Protoboard.



Fonte: O autor, 2018.

- **Bateria 9V:**

O experimento pode ser realizado sem o uso do computador. Para isso, é necessário o uso de uma bateria de 9V conectada ao Arduino.

**Figura 20.** Bateria 9V.



Fonte: O autor, 2018.

## 2.2.2 Montagem do Experimento

A peça principal do experimento, o cilindro de PVC com êmbolo móvel, é construída, em um primeiro momento, com duas tampas do mesmo material. Na tampa de baixo deve ser feito um furo e um vinco para a passagem dos cabos, conforme a **Figura** .

**Figura 21.** Tampa inferior do cilindro.



Fonte: O autor, 2018.

A tampa superior precisa ser perfurada cinco vezes: um furo central para a passagem da guia do êmbolo e quatro para a passagem de ar que permite o movimento do pistão.

**Figura 22.** Tampa superior do cilindro.



Fonte: O autor, 2018.

Com o cilindro montado, podem ser feitos o pistão e a guia para movimentá-lo. O pistão é feito com um tampão de PVC e uma borracha de vedação. A peça é furada com o mesmo diâmetro da barra de aço utilizada como guia e uma fenda foi feita em sua lateral, para o encaixe do o-ring utilizado na vedação.

**Figura 23.** Montagem do pistão.



Fonte: O autor, 2018.

A guia é fixada no pistão com uma pequena porca. No outro lado da guia coloca-se um pino, também fixado através de uma porca, para facilitar a movimentação do conjunto.

**Figura 24.** Guia do pistão.



Fonte: O autor, 2018.

Algumas peças **podem ser** (é possível fazer o acabamento sem tal equipamento) torneadas para aperfeiçoar o encaixe. A lubrificação interna é feita com grafite em pó.

**Figura 25.** Torno mecânico.



Fonte: O autor, 2018.

O Arduino deve ser em uma extremidade da plataforma de MDF. A protoboard colada no centro e o cilindro na outra extremidade. Para fixação do pistão, utilizam-se as duas hastes metálicas. Essas, além de fixarem o cilindro na plataforma, permitem melhor movimentação para o pistão e garantem que as tampas não estourem com o aumento da pressão.

**Figura 26.** Fixação do cilindro na plataforma.



Fonte: O autor, 2018.

Os jumpers precisam ser atravessados através da abertura inferior do cilindro e a mesma deve ser tapada com cola quente.

**Figura 27.** Sensores fixados no cilindro.

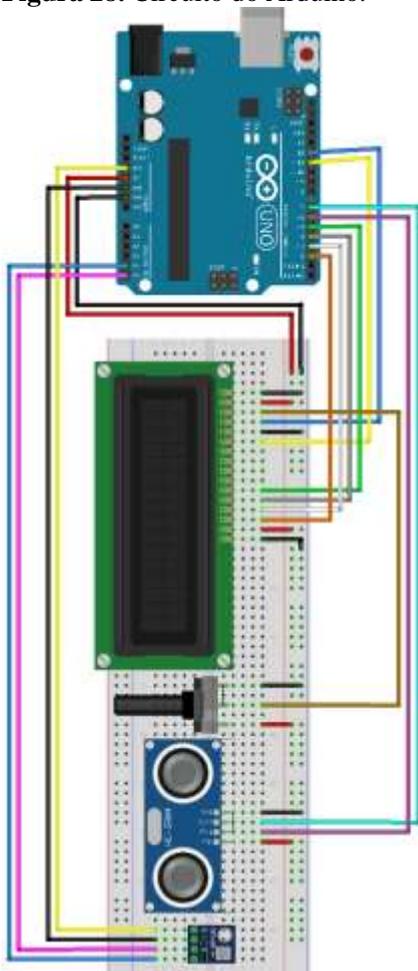


Fonte: O autor, 2018.

### 2.2.3 Montagem do Circuito

Para o funcionamento do algoritmo descrito anteriormente, o circuito foi montado conforme a **Figura 28**, sendo que os sensores foram colocados, através de jumpers, dentro do cilindro e não diretamente na protoboard.

**Figura 28.** Circuito do Arduino.



Fonte: O autor, 2018.

O diagrama esquemático do circuito pode ser representado pela seguinte ilustração.



**Figura 30.** O produto educacional.



Fonte: O autor, 2018.

### 2.3 SUGESTÃO DE PLANO DE AULA

<b>OBJETIVOS</b>
<p><b>GERAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar em sala de aula um kit experimental que demonstre o comportamento das variáveis de estado de um Gás Ideal com auxílio do arduino, em uma sequência didática sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.</li> </ul>
<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar as condições para que um gás tenha o comportamento ideal;</li> <li>• Reconhecer o equacionamento do modelo dos gases ideais;</li> <li>• Compreender as relações entre as variáveis de estado de um gás através de um experimento didático com uso do Arduino;</li> <li>• Analisar graficamente o comportamento de um gás e interpretar dados quantitativos coletados na prática.</li> </ul>

## CONTEÚDO

- Gases ideais: o que são e quais suas características;
- Equação de Clapeyron;
- Equação Geral dos Gases Ideais;
- Transformações Gasosas.

## METODOLOGIA

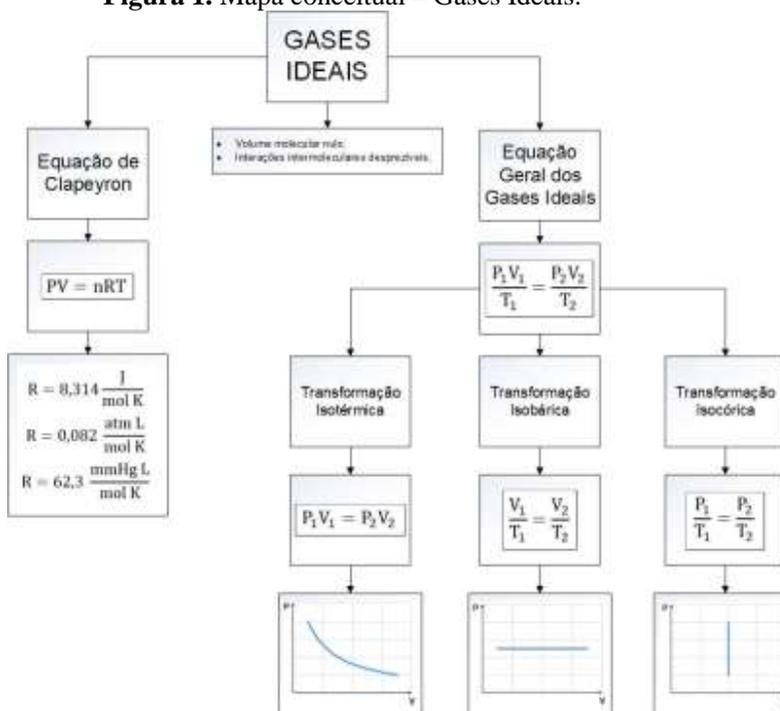
Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, o processo de interação entre um subunção e um novo conceito potencialmente significativo produz um novo subunção, modificado e ampliado, pela combinação de ambos. Conforme Moreira (1998), “novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados”. Esse processo é chamado por Ausubel de reconciliação integrativa.

Moreira (1998) destaca que o processo de reconciliação integrativa também resulta na chamada diferenciação progressiva. O processo de diferenciação progressiva, para Ausubel, está relacionado à ementa de uma matéria de ensino. Nela, **os tópicos mais gerais são apresentados no início da disciplina e são diferenciados ao longo do curso em termos de especificidade.** Segundo Ausubel (1978) apud Moreira (1998), existem duas hipóteses para essa lógica: 1º) os seres humanos entendem melhor os conceitos específicos de um todo conhecido, do que um todo à partir de suas partes específicas previamente conhecidas; 2º) **a organização do conteúdo de uma disciplina, na mente de um indivíduo, se dá de forma hierárquica, onde as ideias gerais estão no topo e incorporam as mais específicas.** Já a reconciliação integrativa é a forma no qual o processo de instrução deve relacionar as ideias, apontando similaridades e diferenças nos tópicos abordados.

Uma forma de relacionar conceitos afim de produzir os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa que torna evidente as relações entres diferentes conceitos de uma matéria são os mapas conceituais. Moreira (2012) apud Kiefer e Pilatti (2014) define que **“mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos”.**

Dessa forma, a aula será exposta na forma de um mapa conceitual, construído na lousa juntamente com os alunos, utilizando a comunicação e oratória para isso. O mapa será estruturado conforme a Figura 1.

**Figura 1.** Mapa conceitual – Gases Ideais.



Fonte: O autor, 2018.

### **Sugestão de Roteiro para utilização do produto educacional**

Após a explanação o experimento didático será utilizado para construção dos gráficos e verificação prática do comportamento do diagrama de Clapeyron. Na utilização do produto educacional, são sugeridos os seguintes métodos:

1. Pressionar o pistão levemente, verificando a construção do gráfico na planilha. Enquanto a pressão no interior do cilindro

se iguala à atmosférica, discutir os dados obtidos com os alunos;

2. Pressionar “Clear Columns” no PLX-DAQ para limpar os dados e puxar o pistão para a posição original. Discutir os dados com os alunos;
3. Permitir que os alunos pressionem e puxem o pistão, para verificação, com as próprias mãos, da variação de pressão durante o movimento do êmbolo;
4. Utilizar uma fonte térmica para demonstrar o aumento de pressão com aumento da temperatura.

Existem outras possibilidades para o kit experimental que o professor pode criar de acordo com sua necessidade disponibilidade de recursos.

## AVALIAÇÃO

- Resolução de problemas propostos;
- Verificar as exclamações e questionamentos durante a aula;
- Discutir com os alunos os conceitos abordados e a metodologia.

## REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.W. **Físico-Química**; vol. 1, 8ª ed. LTC Editora, 2008.
- CALLEN, Herbert B.. **Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics**. 2. ed. Pennsylvania: John Wiley & Sons, Inc., 1985.
- CASTELLAN, Gilbert W. **Fundamentos de físico-química**. Rio de Janeiro, LTC Editora, 2007
- KIEFER, Neci Iolanda Schwanz; PILATTI, Luiz Alberto. Roteiro para a elaboração de uma aula significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.1-23, 15 maio 2014. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/s1982-873x2014000100001>
- MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1998.
- VAN NESS, H.C.; ABBOT, M.M. **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**; vol. 1 5ª ed. LTC, Rio de Janeiro, 2000.

- ROSA, Cleci Teresinha Werner da; CAVALCANTI, Juliano; PEREZ, Carlos Ariel Samudio. Unidade de ensino potencialmente significativa para a abordagem do sistema respiratório humano: estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.203-225, 31 dez. 2016. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v9n3.4005>.
- SANTOS, José Altenis dos; MAGNO, Wictor Carlos. **Instrumentação Eletrônica com o Arduino Aplicada ao Ensino de Física**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <[http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao\\_JoseAltenis.pdf](http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_JoseAltenis.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- SOUZA, Anderson R. de et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.01-05, mar. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172011000100026>

## 2.4 SUGESTÃO DE EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**1. (Fatec-SP)** Um gás ideal exerce pressão de 2 atm a 27°C. O gás sofre uma transformação isobárica na qual seu volume sofre um aumento de 20%. Supondo não haver alteração na massa do gás, sua temperatura passou a ser, em °C:

- a) 32
- b) 54
- c) 87
- d) 100
- e) 120

**2. (Unopar-PR)** Um gás perfeito apresenta, inicialmente, temperatura de 27 °C e pressão de 2 atm. Ao sofrer uma transformação isovolumétrica, sua pressão se eleva para 5 atm, passando, então, sua temperatura, a ser:

- a) 54 °C
- b) 76,5 °C
- c) 270 °C

d) 477 °C

e) 750 °C

**3. (Univest-SP)** Um gás ideal ocupa um volume  $V$ , sob pressão de 1,2 atm e temperatura  $T$ , em graus Celsius. Dobrando-se o valor da temperatura em graus Celsius e mantendo-se constante o volume, observa-se que a pressão aumenta para 1,5 atm. Logo, o valor de  $T$ , em graus Celsius, é:

a) 68

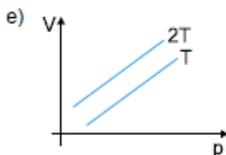
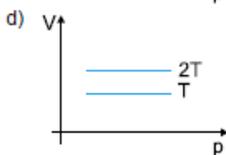
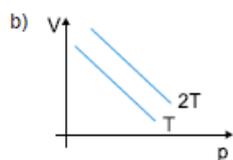
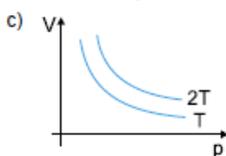
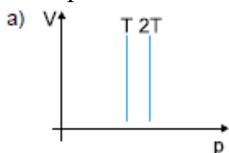
b) 91

c) 112

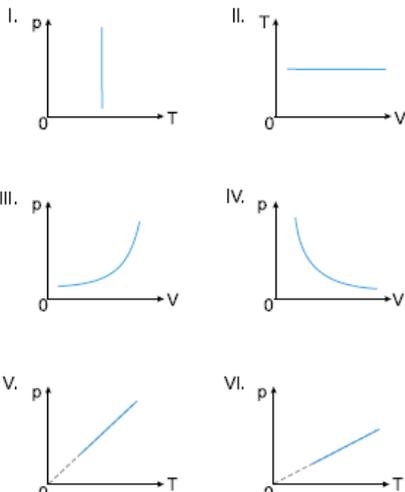
d) 143

e) 171

**4. (PUC-SP)** Chamando  $p$  a pressão exercida por um gás e  $V$  o seu volume, qual dos gráficos pode representar linhas isotérmicas correspondentes a temperaturas  $T$  e  $2T$ , onde  $T$  é a temperatura absoluta?



**5. (UFSC)** Dos gráficos seguintes, podem representar transformações isotérmicas, em sistemas fechados:



- a) I, II, e III  
 b) I, II e V  
 c) II, IV e VI  
 d) I, II e IV  
 e) II, III e V

**6. (Cesesp-PE)** A  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $765\text{ mm}$  de mercúrio,  $1,29\text{ litro}$  de um gás ideal tem massa  $2,71\text{ gramas}$ . A massa molar do gás vale, aproximadamente, em  $\text{g/mol}$ :

( $R = 0,082\text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}$ )

- a) 30  
 b) 40  
 c) 50  
 d) 60  
 e) 20

**Formulário:**

$$PV = nRT$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

## APÊNDICE B – PLANO DA AULA APLICADA

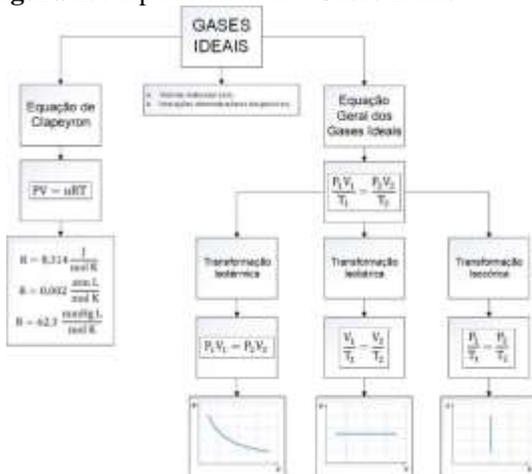
OBJETIVOS
<p><b>GERAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar em sala de aula um kit experimental que demonstre o comportamento das variáveis de estado de um Gás Ideal com auxílio do Arduino, em uma sequência didática sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.</li> </ul>
<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar as condições para que um gás tenha o comportamento ideal;</li> <li>• Reconhecer o equacionamento do modelo dos gases ideais;</li> <li>• Compreender as relações entre as variáveis de estado de um gás através de um experimento didático com uso do Arduino;</li> <li>• Analisar graficamente o comportamento de um gás e interpretar dados quantitativos coletados na prática.</li> </ul>
CONTEÚDO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases ideais: o que são e quais suas características;</li> <li>• Equação de Clapeyron;</li> <li>• Equação Geral dos Gases Ideais;</li> <li>• Transformações Gasosas.</li> </ul>
METODOLOGIA
<p>Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, o processo de interação entre um subsunçor e um novo conceito potencialmente significativo produz um novo subsunçor, modificado e ampliado, pela combinação de ambos. Conforme Moreira (1998), “novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados”. Esse processo é chamado por Ausubel de reconciliação integrativa.</p> <p>Moreira (1998) destaca que o processo de reconciliação integrativa também resulta na chamada diferenciação progressiva. O processo de diferenciação progressiva, para Ausubel, está relacionado à ementa de uma matéria de ensino. Nela, <b>os tópicos mais gerais são apresentados no início da disciplina e são diferenciados ao longo do curso em termos de especificidade.</b></p>

Segundo Ausubel (1978) apud Moreira (1998), existem duas hipóteses para essa lógica: 1º) os seres humanos entendem melhor os conceitos específicos de um todo conhecido, do que um todo à partir de suas partes específicas previamente conhecidas; 2º) **a organização do conteúdo de uma disciplina, na mente de um indivíduo, se dá de forma hierárquica, onde as ideias gerais estão no topo e incorporam as mais específicas.** Já a reconciliação integrativa é a forma no qual o processo de instrução deve relacionar as ideias, apontando similaridades e diferenças nos tópicos abordados.

Uma forma de relacionar conceitos afim de produzir os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa que torna evidente as relações entre diferentes conceitos de uma matéria são os mapas conceituais. Moreira (2012) apud Kiefer e Pilatti (2014) define que **“mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos”**.

Dessa forma, a aula será exposta na forma de um mapa conceitual, construído na lousa juntamente com os alunos, utilizando a comunicação e oratória para isso. O mapa será estruturado conforme a Figura 1.

**Figura 1.** Mapa conceitual – Gases Ideais.



Fonte: O autor, 2018.

Após a explanação o experimento didático será utilizado para construção dos gráficos e verificação prática do

comportamento do diagrama de Clapeyron. Na utilização do produto educacional, são sugeridos os seguintes métodos:

- Pressionar o pistão levemente, verificando a construção do gráfico na planilha. Enquanto a pressão no interior do cilindro se iguala à atmosférica, discutir os dados obtidos com os alunos;

- Pressionar “Clear Columns” no PLX-DAQ para limpar os dados e puxar o pistão para a posição original. Discutir os dados com os alunos;

- Permitir que os alunos pressionem e puxem o pistão, para verificação, com as próprias mãos, da variação de pressão durante o movimento do êmbolo;

- Utilizar uma fonte térmica para demonstrar o aumento de pressão com aumento da temperatura.

Existem outras possibilidades para o kit experimental que o professor pode criar de acordo com sua necessidade disponibilidade de recursos.

## AVALIAÇÃO

- Resolução de problemas propostos;
- Verificar as exclamações e questionamentos durante a aula;
- Discutir com os alunos os conceitos abordados e a metodologia.

## REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.W. **Físico-Química**; vol. 1, 8ª ed. LTC Editora, 2008.
- CALLEN, Herbert B.. **Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics**. 2. ed. Pennsylvania: John Wiley & Sons, Inc., 1985.
- CASTELLAN, Gilbert W. **Fundamentos de físico-química**. Rio de Janeiro, LTC Editora, 2007
- KIEFER, Neci Iolanda Schwanz; PILATTI, Luiz Alberto. Roteiro para a elaboração de uma aula significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.1-23, 15 maio 2014. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/s1982-873x2014000100001>
- MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1998.

- VAN NESS, H.C.; ABBOT, M.M. **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**; vol. 1 5ª ed. LTC, Rio de Janeiro, 2000.
- ROSA, Cleci Teresinha Werner da; CAVALCANTI, Juliano; PEREZ, Carlos Ariel Samudio. Unidade de ensino potencialmente significativa para a abordagem do sistema respiratório humano: estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.203-225, 31 dez. 2016. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v9n3.4005>.
- SANTOS, José Altenis dos; MAGNO, Wictor Carlos. **Instrumentação Eletrônica com o Arduino Aplicada ao Ensino de Física**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <[http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao\\_JoseAltenis.pdf](http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_JoseAltenis.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- SOUZA, Anderson R. de et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.01-05, mar. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11172011000100026>

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO

**Esse questionário destina-se à coleta de dados para elaboração da Dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) do Campus de Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.**

---

### **Instruções para o preenchimento:**

- ✓ As respostas dadas serão confidenciais
  - ✓ Não será utilizado para qualquer tipo de avaliação
  - ✓ Você não necessita responder ao que não desejar
  - ✓ Para cada item dê apenas uma resposta
- 

### **QUESTIONÁRIO**

1. Você costuma compreender os conteúdos na disciplina de Física.  
( ) Concorda totalmente ( ) Concorda ( ) Indeciso ( ) Discorda ( )  
Discorda totalmente
2. Experimentos didáticos costumam ser utilizados nas aulas de Física.  
( ) Concorda totalmente ( ) Concorda ( ) Indeciso ( ) Discorda ( )  
Discorda totalmente
3. Você tem interesse nos conteúdos abordados na disciplina de Física.  
( ) Concorda totalmente ( ) Concorda ( ) Indeciso ( ) Discorda ( )  
Discorda totalmente
4. Você acredita ser importante o uso de experimentação para  
compreender melhor o conteúdo.  
( ) Concorda totalmente ( ) Concorda ( ) Indeciso ( ) Discorda ( )  
Discorda totalmente
5. O experimento realizado lhe despertou interesse pelo comportamento  
dos Gases Ideais  
( ) Concorda totalmente ( ) Concorda ( ) Indeciso ( ) Discorda ( )  
Discorda totalmente
6. O experimento realizado hoje lhe ajudou a melhorar seu entendimento  
sobre Gases Ideais.

Concorda totalmente    Concorda    Indeciso    Discorda     
Discorda totalmente

7. Você gostaria que mais experimentos fossem realizados nas aulas de Física.

Concorda totalmente    Concorda    Indeciso    Discorda     
Discorda totalmente

8. O experimento didático lhe ajudou a compreender a aplicação prática do conteúdo teórico.

Concorda totalmente    Concorda    Indeciso    Discorda     
Discorda totalmente

9. Em quais situações cotidianas você verifica a relação entre Pressão, Volume e Temperatura de um gás?

---

---

**APÊNDICE D – LISTA DE EXERCÍCIOS APLICADA**

**1. (Fatec-SP)** Um gás ideal exerce pressão de 2 atm a 27°C. O gás sofre uma transformação isobárica na qual seu volume sofre um aumento de 20%. Supondo não haver alteração na massa do gás, sua temperatura passou a ser, em °C:

- a) 32
- b) 54
- c) 87
- d) 100
- e) 120

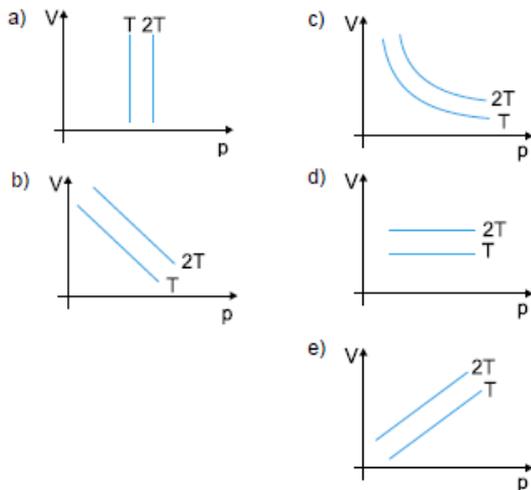
**2. (Unopar-PR)** Um gás perfeito apresenta, inicialmente, temperatura de 27 °C e pressão de 2 atm. Ao sofrer uma transformação isovolumétrica, sua pressão se eleva para 5 atm, passando, então, sua temperatura, a ser:

- a) 54 °C
- b) 76,5 °C
- c) 270 °C
- d) 477 °C
- e) 750 °C

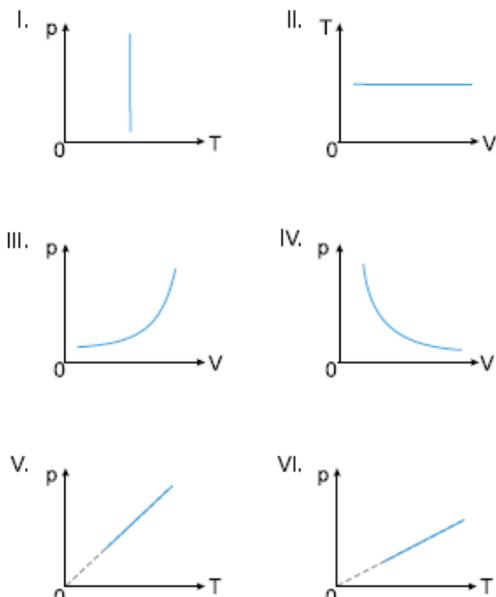
**3. (Univest-SP)** Um gás ideal ocupa um volume  $V$ , sob pressão de 1,2 atm e temperatura  $T$ , em graus Celsius. Dobrando-se o valor da temperatura em graus Celsius e mantendo-se constante o volume, observa-se que a pressão aumenta para 1,5 atm. Logo, o valor de  $T$ , em graus Celsius, é:

- a) 68
- b) 91
- c) 112
- d) 143
- e) 171

**4. (PUC-SP)** Chamando  $p$  a pressão exercida por um gás e  $V$  o seu volume, qual dos gráficos pode representar linhas isotérmicas correspondentes a temperaturas  $T$  e  $2T$ , onde  $T$  é a temperatura absoluta?



5. (UFSC) Dos gráficos seguintes, podem representar transformações isotérmicas, em sistemas fechados:



- a) I, II, e III  
 b) I, II e V  
 c) II, IV e VI  
 d) I, II e IV  
 e) II, III e V

**6. (Cesesp-PE)** A  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 765 mm de mercúrio, 1,29 litro de um gás ideal tem massa 2,71 gramas. A massa molar do gás vale, aproximadamente, em g/mol:

( $R = 0,082\text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}$ )

- a) 30
- b) 40
- c) 50
- d) 60
- e) 20

**Formulário:**

$$PV = nRT$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

## APÊNDICE E – O ALGORITMO

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Ultrasonic.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12,11, 5, 4, 3, 2);
const int echoPin = 7;
const int trigPin = 6;
Ultrasonic ultrasonic(trigPin,echoPin);
int distancia;
String result;
Adafruit_BMP085 bmp180;
int mostrador = 0;

void setup()
{
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  if (!bmp180.begin())
  {
    Serial.println("Sensor nao encontrado !!");
    while (1) {}
  }
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL, Hora, Volume ,Pressao");
}

void loop()
{
  hcsr04();
  Serial.print("DATA, TIME,");
  Serial.print(result);
  Serial.print(",");
  Serial.println(bmp180.readPressure());
  delay (3000);
}

```

```

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp.:");
lcd.print(bmp180.readTemperature()+273);
lcd.print(" K");
if (mostrador == 0)
{
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("      ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Press.:");
lcd.print(bmp180.readPressure());
lcd.print(" Pa");
}
if (mostrador == 1)
{
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("      ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Vol.:");
lcd.print(result);
lcd.print (" mL");
}
mostrador = !mostrador;
}

void hcsr04(){
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
distancia = (ultrasonic.Ranging(CM))* 50,26;
result = String(distancia);
delay(500);
}

```