

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

DANIELA DA CUNHA KOHLRAUSCH

***A PEER INSTRUCTION* COMO ALTERNATIVA METODOLÓGICA PARA AULAS
DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO APLICADA SOB UMA PERSPECTIVA FREIRIANA**

São Leopoldo
2020

DANIELA DA CUNHA KOHLRAUSCH

**A *PEER INSTRUCTION* COMO ALTERNATIVA METODOLÓGICA PARA AULAS
DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO APLICADA SOB UMA PERSPECTIVA FREIRIANA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em Física,
pelo Curso de Licenciatura em Física da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -
UNISINOS

Orientadora: Prof.^a Dra. Cândida Cristina Klein

São Leopoldo

2020

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho ocorreu num ano muito difícil para mim, visto que, apesar de estar me formando, perdi minha maior parceira de vida, minha melhor amiga, minha mãe. Meu trabalho seguiu firme todo este tempo, pois sei que seu maior sonho era me ver formada, como sempre me falava, inclusive dias antes de sua partida. O que me fortalece é saber que ela está comigo o tempo todo, posso sentir sua presença. Portanto, sou grata por tudo que fizeste por mim, por estar do meu lado ao longo de todos esses anos, por me manter motivada nos momentos mais difíceis e, por isso, dedico este trabalho a ti, minha mãe.

Agradeço também ao meu pai, meus avós e a todos os meus familiares, porque sei que todo o apoio que recebi foi fundamental para continuar caminhando em busca da realização do meu sonho. Durante esses 5 anos de curso, pude compartilhar minhas alegrias, minhas conquistas e os momentos mais difíceis. E eles estavam lá, me motivando e me fortalecendo, sempre.

Agradeço a todos os meus amigos que sempre estiveram comigo, me incentivando o tempo todo. Mas, principalmente, aqueles que construí durante o curso, os quais passaram diversos momentos comigo, como as aulas em sextas-feiras à noite, o compartilhamento dos comentários intermináveis sobre as aulas do estágio, as várias horas dedicadas às listas de exercícios quase impossíveis, a montagem/construção dos incríveis experimentos de Física, as noites liberadas para beber, o passeio de trator, enfim, foram tantos momentos inesquecíveis que com certeza me entusiasmaram a concretizar este sonho.

Agradeço também a todos os professores que tive até aqui, pelos ensinamentos, pela troca de experiências, pelas conversas, enfim, por proporcionarem diversos momentos dos quais lembrarei com muito carinho. Além disso, sou grata por acreditarem sempre no meu esforço e minha dedicação.

Agradeço à diretora, à supervisora e ao professor titular da escola CIMOL, por oportunizarem a aplicação do meu trabalho e, portanto, a sua concretização.

Por fim, sou grata a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A *Peer Instruction*, que faz parte das assim denominadas metodologias ativas, tem como foco o ensino interativo, no qual o aluno se torna protagonista do processo de aprendizagem, enquanto a Pedagogia Crítica, de Paulo Freire, argumenta sobre a importância do discente ser um indivíduo crítico, reflexivo e dialógico. Tal metodologia ativa de ensino, aliada às concepções freirianas de educação, se torna uma alternativa ao ensino tradicional, e, portanto, com alto potencial de resgatar o interesse e a motivação dos alunos para aprenderem. Este trabalho apresenta uma proposta de aulas para o ensino médio, na disciplina de Física, utilizando a *Peer Instruction*. Além de identificar a relevância do uso de metodologias ativas no ensino de Física, relaciona as ideias de Pedagogia Crítica de Paulo Freire com os objetivos da *Peer Instruction* e, por fim, verifica e analisa as potencialidades e as limitações da metodologia utilizada. O método da pesquisa consistiu na aplicação de seis aulas para uma turma de segundo ano em uma escola técnica estadual do município de Taquara, Rio Grande do Sul. As aulas foram estruturadas com base na *Peer Instruction* e nas concepções da Pedagogia Crítica, contando com testes conceituais, questionários, apresentações expositivas, análise de práticas experimentais, trabalhos em grupos, além das respectivas discussões pertinentes às atividades. Os alunos foram estimulados a trabalharem de forma dialógica, interativa e cooperativa durante todo o projeto, de acordo com as concepções freirianas de educação. Os resultados mostraram que a metodologia aplicada foi aprovada pelos alunos e pelo professor titular, destacando-se o aspecto motivacional. O desempenho dos estudantes, analisado graficamente, nos testes conceituais foi muito bom, assim como no trabalho avaliativo. Já a atividade experimental proporcionou o estabelecimento da relação entre os conhecimentos construídos em aula com a realidade do discente. Segundo o cálculo do ganho de Hake (1998), os estudantes obtiveram um ganho de aprendizagem, porém, este encontra-se em um patamar médio, ficando aquém do ganho esperado para a aplicação da *Peer Instruction*. Por fim, considera-se que ainda existe o desafio de alternar o ensino tradicional por métodos ativos de ensino e aprendizagem, bem como induzir o aluno a compreender seu papel protagonista neste processo.

Palavras-chave: Metodologias Ativas. *Peer Instruction*. Pedagogia Crítica. Ensino de Física.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem da aula por videoconferência através da plataforma <i>Google Meet</i>	40
Figura 2 – Discussão dos alunos do Grupo A sobre o segundo e quarto teste conceitual da semana 2.....	49
Figura 3 – Discussão dos alunos do Grupo B sobre o terceiro teste conceitual da semana 2.....	50
Figura 4 – Discussão dos alunos do Grupo C sobre o primeiro, segundo e terceiro teste conceitual da semana 2.....	51
Figura 5 – Discussão dos alunos do Grupo C sobre o primeiro teste conceitual da semana 2.....	52
Figura 6 – Discussão dos alunos do Grupo C sobre o quarto teste conceitual da semana 2.....	53
Figura 7 – Discussão dos alunos do Grupo D sobre o primeiro e segundo teste conceitual da semana 2	54
Figura 8 – Discussão dos alunos do Grupo D sobre o quarto e quinto teste conceitual da semana 2.....	55
Figura 9 – Discussão dos alunos do Grupo B sobre o sexto e sétimo teste conceitual da semana 4.....	69
Figura 10 – Discussão dos alunos do Grupo C sobre o primeiro teste conceitual da semana 4.....	70
Figura 11 – Observação feita aos alunos (a) 8 e (b) 13 sobre a unidade de medida utilizada para expressarem suas respostas ao problema 1	78
Figura 12 – Observação feita ao aluno 12 sobre o cálculo do número de mols no problema 2	79
Figura 13 – Orientação dada ao aluno 12 sobre a conversão da unidade de medida de temperatura no problema 2	80
Figura 14 – Orientação dada ao aluno 3 para esclarecer o cálculo do número de mols no problema 2	81
Figura 15 – Observação feita ao aluno 6 sobre a utilização da unidade de medida na resposta do problema 1.....	83
Figura 16 – Observações feitas ao aluno 11 em relação aos problemas 3 e 4	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Contagem (número de alunos) em função do escore (pontuação obtida) mediante a aplicação do Inventário do Conceito de Força (ICF), a) no primeiro dia de aula e b) após 2 meses da aplicação da metodologia <i>Peer Instruction</i>	27
Gráfico 2 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do primeiro teste conceitual da semana 2.....	43
Gráfico 3 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do segundo teste conceitual da semana 2.....	44
Gráfico 4 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do terceiro teste conceitual da semana 2.....	45
Gráfico 5 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do quarto teste conceitual da semana 2.....	46
Gráfico 6 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do quinto teste conceitual da semana 2.....	47
Gráfico 7 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do primeiro teste conceitual da semana 2.....	56
Gráfico 8 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do segundo teste conceitual da semana 2.....	57
Gráfico 9 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do terceiro teste conceitual da semana 2.....	58
Gráfico 10 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do quarto teste conceitual da semana 2.....	59
Gráfico 11 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do quinto teste conceitual da semana 2.....	60
Gráfico 12 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do primeiro teste conceitual da semana 4.....	62
Gráfico 13 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do segundo teste conceitual da semana 4.....	63
Gráfico 14 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do quarto teste conceitual da semana 4.....	64
Gráfico 15 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do quinto teste conceitual da semana 4.....	65

Gráfico 16 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do sexto teste conceitual da semana 4.....	66
Gráfico 17 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do sétimo teste conceitual da semana 4.....	67
Gráfico 18 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do primeiro teste conceitual da semana 4.....	71
Gráfico 19 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do segundo teste conceitual da semana 4.....	72
Gráfico 20 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do quarto teste conceitual da semana 4	73
Gráfico 21 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do quinto teste conceitual da semana 4	74
Gráfico 22 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do sexto teste conceitual da semana 4	75
Gráfico 23 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do sétimo teste conceitual da semana 4	76
Gráfico 24 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da primeira questão conceitual.....	86
Gráfico 25 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da segunda questão conceitual	87
Gráfico 26 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da terceira questão conceitual.....	88
Gráfico 27 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da quarta questão conceitual	89
Gráfico 28 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da quinta questão conceitual	90
Gráfico 29 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da sexta questão conceitual	92
Gráfico 30 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da sétima questão conceitual	93
Gráfico 31 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da oitava questão conceitual	94
Gráfico 32 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da nona questão conceitual.....	95

Gráfico 33 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da décima questão conceitual	96
Gráfico 34 – Distribuição da classificação das respostas às questões do trabalho avaliativo	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cronograma semanal das aulas de Física segundo a proposta de projeto	35
Quadro 2 – Relação dos testes conceituais da semana 2 que foram discutidos nos grupos	48
Quadro 3 – Relação dos testes conceituais da semana 4 que foram discutidos nos grupos	68
Quadro 4 – Respostas dos grupos em relação ao questionamento sobre o funcionamento da panela de pressão (passo 2 - terceira parte do roteiro)	102
Quadro 5 – Respostas de alguns alunos à atividade de autoavaliação da última semana de aula.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados comparativos do ganho de Hake para sete turmas, nas quais foi aplicada a metodologia <i>Peer Instruction</i> (o número máximo de acertos era 15).....	30
Tabela 2 – Dados comparativos do ganho de Hake para a turma na qual foi aplicada a metodologia <i>Peer Instruction</i> (o número máximo de acertos era 10)	98

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA	16
2.1 PEDAGOGIA CRÍTICA: A PERSPECTIVA FREIRIANA	16
2.2 METODOLOGIA DE ENSINO: A <i>PEER INSTRUCTION</i>	18
2.2.1 Metodologias Ativas: Vantagens, Desvantagens e Desafios	18
2.2.2 Fundamentos da <i>Peer Instruction</i>	21
2.2.3 O Ensino de Física por <i>Peer Instruction</i>	23
2.2.3.1 Relatos de Experiências <i>Peer Instruction</i> Aplicada ao Ensino de Física.....	25
2.2.4 A Metodologia <i>Peer Instruction</i> sob a Perspectiva de Freire	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA E TURMA.....	33
3.2 APRESENTAÇÃO DO PROJETO À ESCOLA.....	34
3.3 PROPOSTA DE PROJETO.....	34
3.4 PROCESSO AVALIATIVO	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 RELATOS DAS AULAS.....	37
4.1.1 Expectativas Discentes.....	37
4.1.2 Considerações Gerais.....	40
4.1.3 Testes Conceituais.....	42
4.1.3.1 Testes Conceituais Aplicados na Semana 2	42
4.1.3.2 Testes Conceituais Aplicados na Semana 4	61
4.1.4 Resoluções das Listas de Exercícios.....	77
4.2 AVALIAÇÕES.....	84
4.2.1 Teste Inicial e Final	85
4.2.1.1 Os Testes como Sondagem Inicial e Avaliação da Aprendizagem dos Alunos....	85
4.2.1.2 Cálculo do Ganho de Hake para Avaliação da Metodologia	97
4.2.2 Análises Experimentais	99
4.2.3 Trabalho Avaliativo	104
4.2.4 Autoavaliação	107

4.2.5 Avaliação do Projeto	108
4.2.5.1 Questionário Final dos Alunos.....	109
4.2.5.2 Questionário para o Professor Titular.....	111
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
REFERÊNCIAS.....	115
APÊNDICE A – PLANOS DE AULA	117

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como tema as metodologias ativas no ensino de Física, com foco na aplicação de uma metodologia ativa, denominada *Peer Instruction*, na área da Física. O projeto foi aplicado em uma escola técnica estadual do município de Taquara, com alunos do segundo ano do ensino médio.

A pesquisa investigou como a metodologia ativa chamada *Peer Instruction*, aliada às concepções freirianas de educação, pode ser posta em prática nas aulas de Física do Ensino Médio, já que, atualmente, busca-se alternativas ao ensino tradicional.

Num contexto capitalista neoliberal, aspectos como performatividade e inovação são tratados como emergentes na sociedade atual, num viés político, social e educacional. No âmbito educacional, a performatividade exige do professor um espírito criativo, inovador e sedutor sob o ponto de vista dos discentes e a inovação é tida como a solução de muitos problemas acerca do ensino nas escolas. Porém, muitas vezes, a inovação se constitui como espetacularização das aulas, na qual o ensino e o conteúdo trabalhado se esvaziam, justificadas pela necessidade de atrair a atenção dos discentes. Portanto, se torna valiosa a reflexão sobre a diferença entre espetacularização e alternativas metodológicas de ensino, enquanto a primeira remove o sentido da construção do conhecimento, a segunda oportuniza um maior engajamento dos alunos nas aulas.

Tendo em vista o cenário educacional atual, é possível verificar a falta de interesse dos alunos pelos conteúdos trabalhados e estudados na sala de aula. As causas do desinteresse podem estar associadas às metodologias utilizadas pelos professores. Desta forma, utilizar outras metodologias de ensino, para tratar de determinados conteúdos, pode ser uma ferramenta atraente na busca pelo interesse do aluno acerca do conteúdo curricular. Sob esta perspectiva, Araujo e Mazur (2013, p. 362), argumentam que, “Em sua face mais visível, o chamado ensino tradicional está fortemente associado com a evasão escolar, a aprendizagem mecânica e a desmotivação para aprender por parte dos estudantes”.

Em contraste com os métodos tradicionais de ensino e reformulando o papel do aluno, as metodologias ativas, que surgiram no início da década de 1980, têm como intuito proporcionar maior autonomia e protagonismo dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem através da prática da leitura, observação, diálogo,

experimentação etc. (MOTA; ROSA, 2018). Dentre as metodologias ativas, a *Peer Instruction* é um método interativo centrado no estudante que proporciona a ele o desenvolvimento de habilidades como a colaboração, a construção de argumentos, a organização e exposição de ideias. Portanto, a metodologia *Peer Instruction* se torna uma alternativa metodológica para as aulas de diversas disciplinas e conteúdos. (MÜLLER *et al.*, 2017).

É necessário que os alunos resgatem o sentido de estudar e identifiquem, através de sua aprendizagem, a capacidade de transformar sua realidade, portanto, os conhecimentos construídos em sala de aula devem servir a esta transformação. Para tal finalidade, os professores também devem utilizar ferramentas que proporcionem uma aprendizagem significativa, a fim de que essa seja utilizada como um mecanismo para a construção do ser crítico e ativo dentro de sua realidade. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN),

[...] o conhecimento de Física deixa de constituir um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (BRASIL, [2002], p. 61).

A Pedagogia Crítica de Paulo Freire, importante educador brasileiro, afirma que o aluno deve ser um indivíduo crítico, reflexivo, capaz de dialogar e, através da construção de seus conhecimentos, transformar sua realidade. (FÁVERO, 2011; SOUZA; YAMAGAMI, 2011). Assim como a *Peer Instruction* sustenta o aluno como centro do processo de aprendizagem, Paulo Freire também defende o aluno como sujeito autônomo e protagonista de seu aprendizado. (FREIRE, 2019).

Considera-se, portanto, no ensino de Física, a importância do diálogo, da reflexão e da prática no processo de ensino e aprendizagem, na construção do conhecimento e na aproximação dos conteúdos à realidade do aluno, conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que diz,

[...] intensificam-se o diálogo com o mundo real e as possibilidades de análises e de intervenções em contextos mais amplos e complexos, como no caso das matrizes energéticas e dos processos industriais, em que são indispensáveis os conhecimentos científicos, tais como os tipos e as transformações de energia, e as propriedades dos materiais. Vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente. (BRASIL, [2018], p. 551).

Com o intuito de compreender melhor o assunto, no capítulo 2 deste trabalho, a importância das metodologias ativas é discutida e, mais especificamente, a metodologia denominada *Peer Instruction*, a qual já vem sendo utilizada no ensino de Física a nível superior desde os anos 1990, no mundo todo. Porém, é pouco empregada no Brasil. Os fundamentos da pedagogia freiriana, a qual serve de suporte teórico para a metodologia aplicada também são apresentados.

Tendo em vista a adaptação da metodologia de ensino *Peer Instruction* às aulas de Física para o ensino médio, no capítulo 3, é apresentada a proposta do projeto desenvolvido. Foram construídos planos de aula baseados em estruturas de aulas expositivas, em testes conceituais, demonstrações e exames, de acordo com a metodologia *Peer Instruction*. O protagonismo do aluno no processo de aprendizagem como indivíduo ativo na construção de seus conhecimentos, princípio da pedagogia freiriana, se dará através da realização de questionamentos e discussões com os colegas e o professor, de acordo as etapas previstas no planejamento. Neste capítulo também, são tratados aspectos relativos à caracterização da escola e da turma escolhidas, à comunicação com a escola para apresentação da proposta e ao processo avaliativo.

Após a realização da pesquisa, foram apresentados os resultados obtidos durante a aplicação das aulas, dos testes conceituais, dos questionários e das demais atividades realizadas, os quais foram discutidos, conforme apresentado no capítulo 4. Por fim, no capítulo 5 constam as considerações finais da pesquisa.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver aulas utilizando a metodologia ativa denominada *Peer Instruction*, no contexto da Física, para escolas públicas, a serem aplicadas no ensino médio.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) identificar a relevância do uso de metodologias ativas no ensino de Física, apresentando a metodologia *Peer Instruction* como uma alternativa às metodologias centradas no docente para aulas de Física do ensino médio;

- b) relacionar as ideias de Pedagogia Crítica de Paulo Freire com os objetivos da metodologia ativa *Peer Instruction*;
- c) elaborar e aplicar aulas de Física para o ensino médio, utilizando a metodologia *Peer Instruction*, com elementos da concepção freiriana de educação;
- d) verificar e analisar as potencialidades e as limitações da metodologia *Peer Instruction* utilizada nas aulas de Física, em termos metodológicos e em relação à aprendizagem dos alunos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

Neste capítulo são apresentadas a Pedagogia Crítica de Paulo Freire e seus aspectos fundamentais no processo de ensino e aprendizagem, e a caracterização da metodologia de ensino *Peer Instruction*, que faz parte de um conjunto de metodologias ativas. Além disso, são exemplificados alguns relatos de experiência da aplicação do método citado e uma proposição de correlação entre a *Peer Instruction* e a Pedagogia Crítica.

2.1 PEDAGOGIA CRÍTICA: A PERSPECTIVA FREIRIANA

Dentre os autores da Pedagogia Crítica, destaca-se Freire (2019), importante educador brasileiro, que é mundialmente reconhecido como teórico e filósofo da educação. Ele ressignificou a educação como uma ferramenta capaz de proporcionar o entendimento, a crítica e a transformação da realidade. Dedicou-se à causa dos *oprimidos*, para os quais prega a educação como libertadora. Sua principal contribuição teve início nos anos de 1960, com a criação de um *sistema de alfabetização de adultos*, o qual recebeu o nome de *Metódo Paulo Freire de Alfabetização*. Por volta de 1963, o educador brasileiro alfabetizou trezentos trabalhadores num período de trinta dias, ganhando repercussão nacional. (SOUZA; YAMAGAMI, 2011).

A Pedagogia Freiriana engloba diversos aspectos considerados indispensáveis ao processo de ensino e aprendizagem: ética, criticidade, curiosidade, transformação, autonomia, diálogo, liberdade, conhecimento, pensar certo sem certeza, respeito aos saberes prévios, capacidade de ensinar e aprender, consciência do ser inacabado e compreensão da realidade. (FREIRE, 2019).

Enquanto seres histórico-sociais, “[...] nos tornamos capazes de comparar, de valorar, de intervir, de escolher, de decidir, de romper, por tudo isso, nos fizemos seres éticos”. (FREIRE, 2019, p. 34). Tendo isso em vista, educadores, educadoras, educandos e educandas devem respeito à rigorosidade ética. A consciência do inacabamento do sujeito se faz, portanto, necessária à prática ética do processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Freire (2019, p. 50), “[...] o inacabamento do ser ou sua inconclusão é próprio da experiência vital”, ou seja, a ação de busca por experiências é que torna o sujeito capaz de aprender e de ensinar.

A criticidade se faz na ação do pensar crítico, o qual torna possível a reflexão. A prática de hoje é refletida e, tal atitude, possibilita o aperfeiçoamento das próximas ações. Na perspectiva de Freire, pensar certo é fazer certo, ou seja, é preciso que se tome decisões e busque práticas das quais tenhamos convicção, porém, pensar certo exige não estar demasiado certo de suas certezas.

Tendo em vista que conhecimento não se transfere, é necessário, para alunos e professores, que se dediquem de forma crítica à construção de seu próprio conhecimento. Para o docente, é de rigor ético que respeite os saberes prévios dos alunos, aqueles advindos de sua realidade. Já para o aluno é dever se fazer presente no mundo e ser capaz de transformá-lo, não de se adaptar a ele, mas inserir-se e não se fazer objeto. Portanto, deve-se estabelecer uma relação de intimidade entre os saberes curriculares e a experiência social dos discentes. (FREIRE, 2019).

Ensinar é aprender e exige respeito à autonomia e identidade do educando. Tanto para o professor quanto para o aluno, aprender é construir, reconstruir e constatar para mudar. De acordo com Freire (2019, p. 77), “é a partir deste saber fundamental – mudar é difícil mas é possível – que vamos programar nossa ação político-pedagógica [...]”. Por mais condicionado que o sujeito esteja, não se faz determinado, pois, “[...] é tempo de possibilidade e não de determinismo”. (FREIRE, 2019, p. 20).

A construção do conhecimento exige que se tenha curiosidade sobre o mundo, as pessoas, as relações, enfim, com todo o objeto que se pretenda estudar e conhecer. O diálogo faz parte do processo de conhecimento, e conforme Menezes e Santiago,

Os protagonistas do processo são os sujeitos da educação – estudante e professor(a) –, que, juntos, dialogam, problematizam e constroem o conhecimento. Por isso, problematizar na perspectiva freireana, é exercer análise crítica sobre a realidade das relações entre o ser humano e o mundo, o que requer os sujeitos se voltarem, dialogicamente, para a realidade mediatizadora, a fim de transformá-la, o que só é possível por meio do diálogo, ‘desvelador da realidade’. (2014, p. 50, grifo do autor).

A autonomia do educando se constitui em seus momentos de decisão e de responsabilidade diante da sua liberdade, o que deve sempre ser respeitado. A autonomia é processo de amadurecimento. Se tratando de autonomia, Freire critica o ensino tradicional, já que “[...] não permite a formação de consciência crítica, pois os(a)

estudantes são estimulados a memorizar o conteúdo, e não a conhecê-lo [...]”. (MENEZES; SANTIAGO, 2014, p. 49). Portanto,

[...] não devo pensar apenas sobre os conteúdos programáticos que vêm sendo expostos ou discutidos pelos professores das diferentes disciplinas, mas, ao mesmo tempo, a maneira mais aberta, dialógica, ou mais fechada, autoritária, com que este ou aquele professor ensina. (FREIRE, 2019, p. 87).

Diante de uma educação libertadora, na qual Freire sempre se inspirou,

Vivenciar a liberdade e construir o pensamento crítico requer que as palavras trabalhadas nas instituições escolares não sejam apenas ‘palavras da escola’, mas ‘palavras de realidade’, em que os acontecimentos do mundo, a dinâmica da vida com suas lutas e possibilidades, bem como as experiências dos(as) estudantes, sejam analisados e articulados com os diferentes tipos de conhecimentos. (MENEZES; SANTIAGO, 2014, p. 54, grifos do autor).

A perspectiva de Freire acerca da educação como forma de intervenção e transformação do mundo, além de sua dimensão ética, é que lhe faz atual e de distinguida importância. (FÁVERO, 2011). O educador brasileiro “[...] vê na educação a possibilidade de emancipação humana para superar as diferentes formas de opressão e dominação existentes na sociedade contemporânea, marcada por políticas neoliberais e excludentes”. (MENEZES; SANTIAGO, 2014, p. 60).

2.2 METODOLOGIA DE ENSINO: A *PEER INSTRUCTION*

Nesta seção serão apresentados vantagens, desvantagens e desafios da implementação de metodologias ativas, os fundamentos da *Peer Instruction*, o Ensino de Física desenvolvido sob essa metodologia de ensino e alguns relatos de aplicação e, por último, uma relação da *Peer Instruction* com a perspectiva freiriana de educação.

2.2.1 Metodologias Ativas: Vantagens, Desvantagens e Desafios

As chamadas Metodologias Ativas surgiram no início da década de 1980 e tiveram como precursores Charles Bonwell e James Eison, nos Estados Unidos. As metodologias tinham como objetivo se opor ao ensino tradicional, caracterizado por aulas expositivas passivas e à transmissão de conhecimento, e estimular uma

aprendizagem na qual os estudantes se tornassem ativos e investigadores, ou seja, o centro do processo de aprendizagem. (MOTA; ROSA, 2018).

Enquanto o foco das metodologias ativas é efetivar o aprendizado, tornando os alunos ativos e envolvidos, a espetacularização das aulas, no sentido de esvaziar os conhecimentos e o significado da educação, é muitas vezes associada à implementação de tais metodologias. Porém, é preciso incentivar cada discente a dialogar, explorar a sua realidade, para que tal contribua na construção da sua aprendizagem, e, principalmente, experimentar, sejam novas formas de aprender, sejam novas formas de pesquisar, de pensar etc. (ARAUJO; MAZUR, 2013; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

Pesquisas em Educação têm investido tempo no desenvolvimento de novas metodologias de ensino que sejam focadas no engajamento ativo dos estudantes no processo de aprendizagem. Algumas dessas metodologias desenvolvidas são: *Project-Based Learning* (Aprendizagem Baseada em Projetos), *Problem-Based Learning* (Aprendizagem Baseada em Problemas), *Flipped Classroom* (Sala de Aula Invertida), *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas), *One-Minute Paper* (Artigo de Um Minuto), *Think-Pair-Share* (Pensar-Comparar-Compartilhar), *Team-Based Learning* (Aprendizagem Baseada em Equipes) e *Just-in-time Teaching* (Ensino Sob Medida). (MÜLLER *et al.*, 2017). Apesar dos diversos estudos realizados sobre o desenvolvimento de novas metodologias, segundo Araujo e Mazur (2013, p. 365), “Esses métodos de ensino têm sido pouco utilizados no Brasil e mostram-se desconhecidos da grande maioria dos professores com os quais entramos em contato em palestras e cursos de formação”.

Assim como todas as metodologias de ensino e aprendizagem desenvolvidas historicamente, as metodologias ativas possuem vantagens, desvantagens e desafios para sua implementação. Diante de tantos exemplos de metodologias ativas, percebe-se que a maioria favorece as inúmeras formas de aprendizagem. Isto constitui uma vantagem, já que cada indivíduo se identifica melhor com uma maneira de aprender, seja ela falando, escrevendo, escutando, discutindo ou pesquisando. O desenvolvimento da autonomia e do pensamento crítico dos alunos é outro ponto importantíssimo dentro das metodologias ativas. Uma vez que o discente se torna o centro de sua aprendizagem, é constituído um processo de liberdade, ou seja, cada aluno se torna capaz de pensar criticamente e tomar uma decisão diante de todas as

informações que estão disponíveis, ao contrário de uma decisão levada somente pela aceitação passiva. (MAZUR, 2015).

As aulas mais dinâmicas e menos monótonas, como são as do ensino tradicional, resgatam o interesse e a motivação dos alunos para aprenderem. As metodologias ativas existentes são uma alternativa aos métodos passivos de ensino, ou seja, elas oferecem atividades e ações que estimulam os alunos a buscarem mais informações e construírem seu conhecimento ativamente. A melhora na percepção dos professores sobre as dificuldades de cada aluno é considerada uma consequência, mas também se constitui numa vantagem dos métodos ativos. Esta percepção permite que o trabalho docente se transforme e seja voltado para a resolução das dificuldades remanescentes após o estudo exploratório realizado pelos alunos, tendo-se assim, um ensino mais focado às necessidades dos estudantes. Conforme Oliveira, Veit e Araujo (2015, p. 181), “As modificações requeridas abarcam transformações conceituais, mas também atitudinais e procedimentais em sala de aula, desempenhando, o professor, um papel fundamental nesses processos”.

Dentre os desafios da implementação das metodologias ativas, a resistência dos alunos e dos professores a mudanças e a infraestrutura precária das escolas são os principais aspectos a serem discutidos. Já o tempo insuficiente de duração das aulas e a maior dedicação aos estudos extraclasse, tornam-se desvantagens para a aplicação de algumas metodologias ativas, como por exemplo, a Sala de Aula Invertida.

Tirar-se da zona de conforto é algo trabalhoso para qualquer indivíduo, portanto, mudar a educação tradicional, que se tem há anos e que já está no costume de muitos professores e alunos, para uma educação mais ativa e interativa, não é tarefa fácil. Docentes e discentes tendem a resistir a transformações e mudanças nos seus hábitos e com isso as metodologias ativas sofrem ao serem compreendidas como uma alternativa às aulas tradicionais. De acordo com Oliveira, Veit e Araujo,

[...] é bem verdade que todo processo de mudança ou mesmo ajustes nas metodologias empregadas no ensino requer um esforço extra, todavia para o sucesso da mudança o essencial é que o professor esteja convencido da sua importância e interessado em introduzi-la. (2015, p. 199).

Por diversas vezes, as metodologias ativas requerem alguns recursos tecnológicos, por exemplo, em sistemas de respostas automatizados, que se dão através de aparelhos eletrônicos. Neste exemplo, os recursos mínimos exigidos

seriam computadores/*notebooks* ou celulares com acesso à internet para possibilitar o funcionamento do sistema, porém, depara-se com distintas realidades escolares que não têm condições de fornecer tais materiais. Sabe-se que em escolas privadas, a aquisição de novos recursos se torna menos complexa, porém, nas escolas públicas tem-se outra realidade. Isto torna novas implementações metodológicas mais difíceis de serem realizadas neste contexto, normalmente por uma infraestrutura indisponível.

Existem diversos desafios ao implementar as metodologias ativas na educação, porém, é possível driblar tais dificuldades com adaptações realizadas pelos próprios meios que contam com o interesse em aplicá-las. Por exemplo, para os sistemas de resposta, os cartões respostas, feitos de papel, substituem os aparelhos eletrônicos e funcionam satisfatoriamente. Já o desinteresse dos alunos, a necessidade de maior dedicação em período extraclasse e o exíguo tempo de aula dependem das ações mobilizadoras da instituição educacional e do professor que “[...] precisa superar o desafio de adequar o currículo, seus materiais, estratégias e avaliações para que formem uma linha de trabalho coerente. Não se pode esperar alcançar resultados diferentes, fazendo o que sempre se fez”. (ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 380).

2.2.2 Fundamentos da *Peer Instruction*

Dentre as metodologias ativas de aprendizagem, a *Peer Instruction*, que pode ser traduzida por Instrução pelos Colegas, vem ganhando destaque a partir de sua criação em 1991, por Eric Mazur. Tal metodologia, criada pelo professor de Física da Universidade de Harvard, é focada no aluno e, portanto, este possui um papel central no processo de aprendizagem. De acordo com Müller *et al.*,

[...] o PI vem ganhando destaque internacional por sua capacidade de engajar ativamente os estudantes durante o processo de aprendizagem, de intensificar a aprendizagem conceitual, além de desenvolver habilidades sociais e cognitivas. (2017, p. 2).

Entre os anos de 1984 e 1990, Mazur apresentava suas aulas de forma expositiva, acompanhada de algumas demonstrações. Até que em 1991, o professor tivera contato com o teste *Force Concept Inventory* (FCI), “[...] um teste de múltipla escolha elaborado para avaliar a compreensão dos estudantes sobre os conceitos fundamentais da mecânica newtoniana”. (MAZUR, 2015, p. 47). Após a aplicação do teste, o professor se deparou com alguns resultados contraditórios e, então, decidiu

por aplicar um teste com questões qualitativas, relativamente simples, e questões quantitativas, relativamente difíceis. Ao final do processo, Mazur percebeu que a maior parte dos alunos conseguiram resolver as questões quantitativas corretamente, porém não obtiveram um bom desempenho nas questões qualitativas. A partir do teste realizado pelo professor Eric Mazur, é possível perceber que “[...] estudantes que memorizam algoritmos de resolução podem ter um ótimo desempenho em disciplinas de Física, apesar de não compreenderem os conceitos físicos subjacentes”. (MÜLLER *et al.*, 2017, p. 3).

Ao notar que os alunos poderiam obter sucesso nas resoluções de problemas quantitativos, mas se frustrarem na resolução de problemas qualitativos, Mazur procurou modificar sua metodologia de ensino para que a compreensão de conceitos se tornasse o foco de suas aulas. A partir de seu principal objetivo, criou a metodologia denominada *Peer Instruction*, que além do foco já citado anteriormente, caracteriza-se por explorar a interação dos alunos durante as aulas.

A metodologia de ensino em questão foi organizada e estruturada por Eric Mazur para aulas de Física do ensino superior, porém, é possível adaptá-la de acordo com a realidade de cada ambiente no qual é aplicada. Primeiramente, o professor prepara uma apresentação expositiva, que leva cerca de 20 minutos, sobre os conceitos a serem estudados. Após, é proporcionado aos estudantes um Teste Conceitual, constituído por questões breves, de múltipla escolha, abrangendo o tema discutido. Estas questões devem ser analisadas e respondidas individualmente pelos alunos durante 1 a 2 minutos. As respostas devem ser registradas e apresentadas para o professor através de um sistema de respostas (sistemas eletrônicos como os *clickers*, que são uma espécie de controle remoto que enviam as respostas através de radiofrequência para o computador do professor, *tablets*, computadores, *smartphones*, com acesso à internet, ou *flashcards*, que são cartões de resposta). Ao receber as respostas, o professor deve avaliar o desempenho dos alunos e, caso o percentual das respostas corretas estiver abaixo de 30%, ele deve explicar novamente o conteúdo e aplicar um novo Teste Conceitual; se o percentual estiver acima de 70%, o professor pode revisar brevemente o conceito, a alternativa correta, discutir o motivo pelo qual as outras alternativas estão incorretas e, então, aplicar mais um Teste Conceitual ou passar para o próximo tópico a ser estudado. A metodologia em si ocorre quando o professor identificar um percentual entre 30% e 70%, pois, nessa faixa os alunos devem discutir suas respostas com os colegas, por 1 a 2 minutos, e

convencer um ao outro de sua resposta. Portanto, se faz importante instigar os alunos a desenvolverem um raciocínio, de forma individual, com o intuito de, posteriormente, convencer os colegas de que sua resposta está correta. Isto estimula o aluno a refletir sobre a questão conceitual e formar um argumento bem estruturado. Após realizar as discussões, as respostas modificadas devem ser registradas pelo sistema de resposta e o professor deverá avaliá-las novamente e, por fim, divulgar os resultados. (ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

O método de ensino e aprendizagem denominado *Peer Instruction*, segundo Crouch *et al.*,

[...] vem sendo utilizado em diversas instituições de ensino de muitos países e os resultados se mostram satisfatórios em relação ao ganho de aprendizagem conceitual e à capacidade de resolução de problemas numéricos tradicionais. (2007 apud OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015, p. 184).

E, conforme Mazur,

As ‘discussões para convencer o colega’ quebram a inevitável monotonia das aulas expositivas passivas, e, mais importante, os estudantes não se limitam a simplesmente assimilar o material que lhes é apresentado; eles devem pensar por si mesmos e verbalizar seus pensamentos. (2015, p. 14, grifo do autor).

A *Peer Instruction* se torna uma excelente ferramenta no desenvolvimento de habilidades relacionadas à colaboração entre os alunos, à construção de argumentos, à organização e exposição de ideias. Para concluir, “[...] o PI é uma proposta altamente recomendada, especialmente quando se busca engajar o estudante no processo de aprendizagem, bem como melhorar seus resultados de aprendizagem”. (MÜLLER *et al.*, 2017, p. 18).

2.2.3 O Ensino de Física por *Peer Instruction*

Existe um paradigma fortemente visível nas escolas e universidades de que as aulas de Física precisam estar repletas de cálculos e equações para ser verdadeiramente uma aula da tal disciplina. Portanto, percebe-se a desvalorização pelas questões conceituais e pelo entendimento das leis e teorias físicas, já que, pelo senso comum, a disciplina de Física se constitui no campo das matérias exatas. O ensino de Física é caracterizado pela breve abordagem conceitual dos conteúdos

trabalhados e na abundante resolução de exercícios quantitativos, caracterizando uma aula tradicional de Física atualmente. Mazur (2015, p. 9) diz que

[...] as aulas expositivas simplesmente reforçam os sentimentos dos estudantes de que o passo mais importante para dominar o conteúdo ensinado está na resolução de problemas. O resultado é uma rápida escalada na qual os estudantes solicitam mais e mais exemplos de problemas (para que possam aprender a resolvê-los melhor), o que, por sua vez, volta a reforçar seus sentimentos de que a chave do sucesso é a resolução de problemas.

Como visto anteriormente, a metodologia *Peer Instruction* foi criada pelo professor Eric Mazur diante de uma situação problemática enfrentada nas suas aulas de Física: o sucesso nas respostas de questões quantitativas, mas a falta de compreensão dos conceitos físicos abordados. Portanto, a adoção da metodologia de ensino *Peer Instruction* veio a contribuir para a resolução de tal problema, já que impacta na aprendizagem conceitual dos estudantes, vista como um dos principais resultados de sua implementação. (MÜLLER *et al.*, 2017).

Tendo como foco a compreensão conceitual dos conteúdos estudados e a participação ativa dos alunos na aula, o método de ensino exige a colaboração entre os estudantes durante o processo de ensino e aprendizagem. Ou seja, a troca de ideias e experiências entre aluno-aluno e aluno-professor é fundamental para a construção do conhecimento.

A estrutura preparada para a aplicação da *Peer Instruction* apresenta, num primeiro momento, uma explanação, por parte do professor, dos tópicos de Física a serem discutidos na respectiva aula. Essa apresentação deve durar um período curto, suficiente para esclarecer as ideias centrais de tal lei ou teoria. É recomendado que o professor dedique um tempo de sua explanação, quando julgar necessário, para a apresentação de vídeos curtos ou demonstrações experimentais, que auxiliam na construção da aprendizagem. (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Diversas vezes, os alunos estudam somente para os momentos em que estão sendo avaliados, normalmente quando o professor aplica alguma atividade a qual será atribuída uma nota. Diante dessa realidade, os estudantes são condicionados à memorização e cria-se um falso conhecimento, ou seja, informações temporárias que servem somente para as avaliações. (MOTA; ROSA, 2018). Outro aspecto problemático, inerente ao ensino de Ciências é apontado por Vosniadou (2002 apud MOTA; ROSA, 2018, p. 262), o qual afirma que, “Ensinar Ciências, nomeadamente

Física, traz consigo outra dificuldade: a interferência de ideias equivocadas, normalmente trazidas pela experiência do dia a dia; as chamadas concepções alternativas”.

A respeito das concepções alternativas em diversos tópicos estudados de Física, os Testes Conceituais aplicados, após a explanação do professor, são ótimas oportunidades de desconstruir tais ideias equivocadas, já que “O ideal é que as opções incorretas de resposta reflitam as concepções errôneas mais comuns dos estudantes”. (MAZUR, 2015, p. 28).

Para finalizar, a questão dos exames (avaliações, testes ou provas) também é discutida. Altera-se a estrutura dos meios de avaliação, ou seja, questões quantitativas cedem uma parte considerável de seu espaço nas provas para questões conceituais de Física. De acordo com Mazur,

[...] Uma das melhores maneiras para fazer os estudantes aceitarem um novo método de ensino é preparar exames que reflitam a filosofia e os objetivos da disciplina. Nos exames que eu dou, cerca de metade dos problemas é conceitual. Embora essas questões não sejam diferentes das que eu dou em aula, normalmente são maiores e nunca têm respostas de múltipla escolha. (2015, p. 43).

Considera-se, portanto, a construção de uma nova racionalidade da disciplina de Física: um ensino e aprendizagem focado na compreensão de conceitos físicos e na interação ativa dos estudantes, que se tornam capazes de pensar criticamente e construtivamente a respeito das informações disponíveis e habilitados para transformarem sua realidade.

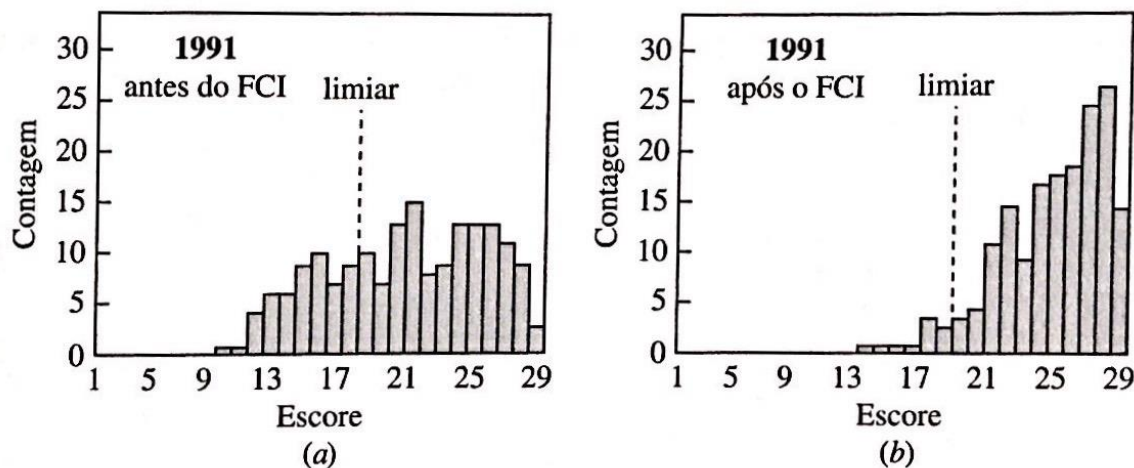
2.2.3.1 Relatos de Experiências *Peer Instruction* Aplicada ao Ensino de Física

Apresenta-se nesta seção três relatos de experiências obtidas ao utilizar-se o método de ensino *Peer Instruction* no ensino de Física, os quais são utilizados como referência na elaboração metodológica deste trabalho. O primeiro caso trata da aplicação efetuada pelo professor Eric Mazur, na Harvard University, nos Estados Unidos; o segundo caso aborda a aplicação do método em uma instituição pública federal de ensino, na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, e um terceiro, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), campus Pinheiral.

O professor Mazur aplicou a metodologia para alunos de uma disciplina introdutória de Física dos cursos de Ciências e Engenharia da universidade norte-americana anteriormente mencionada, comparando os resultados obtidos desde a primeira vez em que aplicou o método, em 1991, com os de 1993 e 1994. Os tópicos trabalhados eram sobre o conceito de força e a mecânica newtoniana. Já na instituição de ensino de Pelotas, a *Peer Instruction* foi aplicada em conjunto com a metodologia Ensino Sob Medida, em duas turmas de ensino médio do Curso Técnico em Química. O professor comparou os resultados obtidos nestas turmas com os de uma turma do Curso Técnico de Edificações, para a qual as instruções de ensino ocorreram baseadas no método tradicional, ou seja, somente através de aulas expositivas. Os tópicos estudados eram sobre conceitos de eletromagnetismo e os materiais disponibilizados eram os mesmos. E, por fim, no Instituto Federal do Rio de Janeiro, a metodologia *Peer Instruction* foi aplicada simultaneamente com um experimento sobre circuitos elétricos em sete turmas do ensino médio regular, integrado a cursos técnicos. (ARAUJO *et al.*, 2017; MAZUR, 2015; OLIVEIRA, VEIT, ARAUJO, 2015).

No primeiro ano de aplicação da *Peer Instruction* por Mazur nas suas aulas de Física, em 1991, utilizando o Inventário do Conceito de Força (ICF), ou *Force Concept Inventory* (FCI), um teste conceitual sobre a mecânica newtoniana, a pontuação média da classe aumentou significativamente. O teste tinha pontuação máxima de 29. No primeiro dia de aula, Mazur verificou que os alunos atingiram uma pontuação média de 19,8. Após dois meses de aula aplicando o método, notou um aumento para 24,6. Isto é equivalente a um aumento de, aproximadamente, 68% para 85% da pontuação média da turma, conforme apresenta o gráfico 1. A linha de corte descrita como “limiar” significa a pontuação mínima para a compreensão da mecânica newtoniana, identificada por Hestenes. (MAZUR, 2015).

Gráfico 1 – Contagem (número de alunos) em função do escore (pontuação obtida) mediante a aplicação do Inventário do Conceito de Força (ICF), a) no primeiro dia de aula e b) após 2 meses da aplicação da metodologia *Peer Instruction*



Fonte: Mazur (2015, p. 15).

No ano de 1992 não foram aplicados testes. Já nos anos de 1993 e 1994, após a aplicação da metodologia, a pontuação média da classe no referido teste aumentou para 86% e 88%, respectivamente. Portanto, sobre a utilização da metodologia *Peer Instruction*, Mazur conclui que,

[...] é possível, com um esforço relativamente baixo e sem investimento de capital, melhorar muito o desempenho dos estudantes em disciplinas introdutórias de ciências – duplicando o nível de compreensão, tal como é medido pelo *inventário sobre o conceito de força*, e melhorando o desempenho em exames convencionais. (2015, p. 19, grifo do autor).

Na instituição federal de ensino em Pelotas, as turmas nas quais as metodologias *Peer Instruction* e Ensino Sob Medida foram aplicadas, receberam a denominação IpC1 e IpC2. A terceira turma, foi denominada Tradicional, devido ao tipo de ensino proporcionado. Durante a primeira aula, nas turmas IpC1 e IpC2, foram apresentadas as atividades para as próximas aulas e os alunos se mostraram receptivos e, ao mesmo tempo, curiosos quanto às mudanças. Já na turma Tradicional não houve mudanças, os alunos apenas receberam a primeira atividade a ser realizada. (OLIVEIRA, VEIT, ARAUJO, 2015).

Segundo Oliveira, Veit e Araujo, nas turmas IpC1 e IpC2,

Na maioria das vezes, os alunos ficavam empolgados com as discussões dos conceitos físicos envolvidos nos Testes Conceituais e geralmente o tempo

destinado a essa atividade (1 – 2 minutos) era insuficiente, sendo solicitado pelos alunos, com frequência, mais tempo para a discussão com os colegas, porque uns ainda não estavam convencidos dos argumentos utilizados pelos outros. (2015, p. 193).

A implementação dos sistemas de resposta de acordo com a metodologia *Peer Instruction* se deu através de cartões-resposta, os quais eram distribuídos para os alunos no início das aulas e devolvidos ao final delas. Eram cinco cartões e em cada um deles constavam as letras A, B, C, D e E. Oliveira, Veit e Araujo (2015, p. 194) relatam que “[...] o ambiente em sala de aula era bastante agradável, havendo engajamento, tanto cognitivo (dedicação às atividades de ensino) quanto emocional (motivação para aprender), por parte dos alunos”.

Após realizar a avaliação dos alunos na disciplina, foi distribuído um questionário para que avaliassem a sua experiência com os métodos Ensino Sob Medida e *Peer Instruction*. Deste questionário foram retirados depoimentos positivos, não havendo comentários insatisfatórios. Tal fato é destacado pelos autores como uma possibilidade de suspeita em relação à legitimidade do trabalho, apesar de assegurarem a veracidade de todos os dados. Seguem depoimentos de três alunos retirados do texto de Oliveira, Veit e Araujo (2015, p.194-195),

Acredito que foi uma experiência de método bastante válida. Eu, particularmente tive maior rendimento de tal forma, do que se houvesse sido da forma tradicional. (Aluno 1).

Foi uma pequena revolução ao meu modo de ver a Física. (Aluno 2).

... a Física fez muito mais sentido. Tu não ficas só ouvindo o professor e tentando ‘pescar’ alguma matéria. (Aluno 3).

De acordo com Oliveira, Veit e Araujo (2015), a maior parte do número total de alunos demonstrou estar motivado ao participar das atividades propostas em aula. A concentração e participação, através de questionamentos, foram satisfatórias. Os alunos também mostraram estar empolgados nos momentos de votação e discussão com os colegas e o professor. Em relação às considerações feitas anteriormente pelos autores, dentre os depoimentos, um aluno diz, “a dinâmica na sala de aula foi muito produtiva, todos gostaram. As discussões eram produtivas, pois aprendemos melhor quando explicamos o que entendemos. (Aluno 10)”. Em relação à quantidade de testes conceituais aplicados, outro aluno destaca que, “quando tinham muitos testes

ficava cansativo, mas ajudaram bastante, principalmente depois das discussões. (Aluno 11)”.

Quando foram questionados se recomendariam aos alunos a fazerem um curso que empregasse tais métodos, um aluno respondeu que,

Sim, eu diria que esse método é muito mais interessante que as aulas normais e que com ele, pude interagir e trocar conhecimento com os colegas e com o professor, fazendo com que eu aprendesse de forma mais fácil e divertida. Sinceramente, acho que não há nada que precise ser mudado, considero esse método ótimo da forma como ele foi utilizado. (Aluno 12). (OLIVEIRA; VEIT, ARAUJO, 2015, p. 196).

Alguns alunos acreditam que deveriam ter sido oferecidos mais problemas quantitativos, apesar de terem aprovado a proposta de aprender Física com maior ênfase na parte conceitual.

Para tentar quantizar a aprendizagem dos alunos, foi aplicado um teste conceitual às três turmas (IpC1, IpC2 e Tradicional), por duas vezes. O teste final foi aplicado após sete semanas da aplicação do teste inicial. Ao comparar os resultados obtidos, as turmas IpC1 e IpC2 foram agrupadas no “Grupo IpC” e a turma Tradicional foi denominada “Grupo Tradicional”. Para realizar o cálculo do ganho obtido na pontuação do teste, foram calculadas as médias obtidas por cada grupo através dos ganhos de cada aluno. Os valores foram substituídos na seguinte equação (BAO, 2006, p. 917):

$$g = \frac{S_f - S_i}{S_{m\acute{a}x} - S_i},$$

onde g significa o ganho na pontuação do teste, S_f é a pontuação final do teste, S_i a pontuação inicial do teste e $S_{m\acute{a}x}$ é a pontuação máxima para o teste, que nesse caso é 12. (OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

Portanto, seguindo os cálculos, foi observada uma pontuação inicial de 3,11 e 3,55 e uma pontuação final de 5,94 e 9,18 para os grupos Tradicional e IpC, respectivamente. Já o ganho na pontuação do teste foi de 0,32 e 0,65 para as turmas do Grupo Tradicional e Grupo IpC, respectivamente. Conforme Oliveira, Veit e Araujo,

Aplicando o teste-t para amostras independentes concluímos que a diferença observada entre as médias do ganho normalizado dos dois grupos é estatisticamente significativa ($p < 0,01$). Esse resultado é consistente com outro encontrado na literatura, que aponta ganhos normalizados médios superiores para turmas que passaram por atividades de ensino interativas em relação a turmas com ensino tradicional. (2015, p.198).

Os autores consideram que as discussões realizadas a partir da primeira aplicação dos Testes Conceituais levaram a resultados melhores na segunda votação. Através dos depoimentos dos estudantes, notaram que eles estiveram motivados através da interação com os colegas, resultando numa nova visão sobre como aprender Física. (OLIVEIRA; VEIT, ARAUJO, 2015).

Já na turma Tradicional, na qual a abordagem do conteúdo se restringiu a aulas expositivas e atividades de resolução de problemas em aula, os resultados e o engajamento não foram constatados nas mesmas proporções.

No Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), campus Pinheiral, a metodologia *Peer Instruction* foi aplicada em conjunto com um experimento sobre circuitos elétricos em sete turmas do ensino médio regular integrado a cursos técnicos, com um número total de 155 estudantes. Foram realizadas várias atividades em cada turma sobre o conteúdo de circuitos elétricos compostos por geradores e resistores envolvendo aspectos teóricos e experimentais, ao longo de sete aulas, de 45 minutos cada. (ARAUJO *et al.*, 2017).

Na primeira e na última aula foram aplicados os testes inicial e final, respectivamente. Ambos tratavam de questões idênticas com o objetivo de comparar os resultados obtidos no teste inicial e no teste final e, posteriormente, identificar os ganhos obtidos nas pontuações das turmas. Para comparar os resultados e calcular os ganhos obtidos, foi utilizada a seguinte equação definida por Hake (1998, p. 65):

$$g = \frac{\%pós - \%pré}{100 - \%pré},$$

onde g significa o ganho de Hake, $\%pós$ é o percentual de acertos no pós-teste e $\%pré$ é o percentual de acertos no pré-teste. Tais resultados estão expostos na tabela 1.

Tabela 1 – Dados comparativos do ganho de Hake para sete turmas, nas quais foi aplicada a metodologia *Peer Instruction* (o número máximo de acertos era 15)

Turma	TA 301	TA 302	MA 303	MA 304	TI 305	TI 105	TI 106
Número de alunos que fizeram o pré-teste.	20	12	18	18	13	24	28
Número de alunos que fizeram o pós-teste.	20	15	19	27	17	24	28
Porcentagem de acertos no pré-teste.	25,3	29,4	28,9	31,5	29,7	33,3	32,6
Porcentagem de acertos no pós-teste.	41,7	37,8	47,4	55,3	55,7	48,1	55,0
Ganho de Hake	0,22	0,12	0,26	0,35	0,37	0,22	0,33

Fonte: Araujo *et al.* (2017, p. 5).

De acordo com Hake (1998, p. 65), há três faixas de ganho normalizado. A faixa que representa um ganho baixo apresenta valores de $g < 0,30$. Já o ganho médio tem valores de g no intervalo $0,30 \leq g < 0,70$. E, por fim, ganhos normalizados iguais ou maiores que 0,70 representam a faixa de ganho alto.

Portanto, os resultados da pesquisa, utilizando a classificação de Hake (1998), apontam três turmas na classe de ganho médio: MA 304, TI 305 e TI 106. Porém, de acordo com Mazur (2015), as turmas de *Peer Instruction*, deveriam apresentar $g > 0,36$. A pesquisa conta somente com a turma TI 305 nessa faixa. De acordo com Araujo *et al.* (2017), professores da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) realizaram pesquisas sobre métodos de engajamento interativo, considerando o intervalo de $0,10 < g < 0,20$ para turmas submetidas a métodos tradicionais. Utilizando o último critério, nota-se que somente a turma TA 302 revelou ganho abaixo de 0,20. De sete turmas, seis delas apresentaram resultados concordantes com os esperados em um processo de aprendizagem ativa. (ARAUJO *et al.*, 2017).

Araujo *et al.* considera que,

[...] uma investigação mais exaustiva das metodologias de aprendizagem ativa pode levar a estimativas de parâmetros mais adequados aos contextos nacionais, ajudando a delinear objetivos factíveis para o ensino de física, em nível médio, no Brasil. (2017, p. 6).

2.2.4 A Metodologia *Peer Instruction* sob a Perspectiva de Freire

A relação existente entre a perspectiva de educação de Paulo Freire e as características da metodologia de ensino e aprendizagem *Peer Instruction* fica evidente quando se compara seus objetivos. Enquanto a *Peer Instruction* visa a interação entre os colegas, a discussão de ideias, a aproximação do conteúdo com o aluno e a consideração de seus saberes prévios, a Pedagogia Freiriana salienta e valoriza todos esses aspectos. (MAZUR, 2015; FREIRE, 2019).

Durante o processo de ensino e aprendizagem com o método *Peer Instruction* é considerada fundamental a experiência do diálogo entre professor-aluno e aluno-aluno, já que é através dessa prática que os estudantes constroem seus conhecimentos. (ARAUJO; MAZUR, 2013). E, de acordo com Menezes e Santiago (2014), a perspectiva freiriana tem a ação dialógica como principal fundamento para uma educação libertadora, que tira o espaço do autoritarismo presente nas instituições educacionais com aulas tradicionais.

Com o intuito de trabalhar concepções errôneas acerca de saberes prévios dos estudantes em determinados conteúdos estudados, a metodologia *Peer Instruction* prevê, durante as aulas, o esclarecimento de dúvidas e a explicação das concepções corretas, a serem construídas pelos próprios alunos no final do processo. (MAZUR, 2015). Já para Freire (2019), é indispensável à prática docente o respeito aos saberes prévios dos educandos, porém, isso não significa que são verdades absolutas e que devam ser considerados corretos, mas vistos como uma possibilidade de abertura para se trabalhar e construir conhecimentos aperfeiçoados ou novas concepções de mundo.

Portanto, quando se combina uma metodologia ativa, neste caso a *Peer Instruction*, com a perspectiva freiriana de educação, encaminha-se uma transformação da realidade que cerca e do mundo em que se vive, e que dele se faz parte como sujeito ativo. Conforme Freire (2019, p. 42), é preciso “[...] assumir-se como ser social e histórico, como ser pensante, comunicante, transformador, criador, realizador de sonhos, capaz de ter raiva porque capaz de amar”.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentadas as características da escola e turma na qual a pesquisa foi desenvolvida, a forma como ocorreu a apresentação do projeto à escola e ao professor titular, a descrição da proposta de projeto e, por fim, a explicação do processo avaliativo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA E TURMA

A escola escolhida para a realização do respectivo projeto de pesquisa foi a Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato (CIMOL), mais conhecida pela sua sigla, situada no bairro Jardim do Prado do município de Taquara, Rio Grande do Sul. Uma instituição criada no ano de 1960. A decisão de realizar a aplicação da proposta de ensino nesta escola deve-se ao fato de a autora deste trabalho conhecer a supervisora escolar da referida instituição, já que ela trabalhava na escola onde a autora se formou na Educação Básica.

A instituição de ensino apresenta ótima estrutura física e, atualmente, conta com uma área total de 5.095 m², sendo 2.279 m² de área construída. No mesmo prédio da escola, está localizado o Museu de História da Tecnologia, construído com o intuito de preservar invenções que foram e ainda são úteis para a humanidade, além de transmitir um pouco da história da tecnologia para a sociedade, já que é aberto tanto à comunidade estudantil quanto à população em geral. (CIMOL, c2019).

A escola possui oficinas e laboratórios, nos quais os estudantes podem desfrutar dos recursos tecnológicos adequados a sua área de atuação. Os cursos técnicos ofertados pela instituição são: Eletrônica, Eletrotécnica, Móveis, Mecânica, Design de Móveis, Química, Informática e Meio Ambiente. A escola técnica possui mais de dez premiações e diversas participações importantes em eventos nacionais e internacionais, como a Fenecit (Feira Nordestina de Ciências e Tecnologias), a Feira de Engenharia na Costa Rica, a I-Sweep (feira internacional de projetos voltados a sustentabilidade nas áreas de engenharia, energias e meio ambiente) em Houston/EUA, entre outras participações. (CIMOL, c2019).

As aulas ocorrem nos períodos diurno e noturno. A escola, neste ano, conta com 1936 alunos matriculados nos cursos técnicos e em turmas de 1^a, 2^a e 3^a série do Ensino Médio regular. A turma indicada pelo professor titular para a realização da

pesquisa foi a 22 do Curso Técnico em Eletrotécnica, que possui um total de 22 alunos.

3.2 APRESENTAÇÃO DO PROJETO À ESCOLA

Para iniciar a apresentação do projeto, foi contatada a supervisora escolar da instituição de ensino, na penúltima semana de agosto. Posteriormente, ela entrou em contato com a diretora responsável pela escola e o professor titular de Física dos segundos anos, que deram o aceite ao projeto de pesquisa ainda na mesma semana.

Após o aceite do projeto, a supervisora forneceu o contato do professor titular e, no mesmo momento, foi feita a comunicação para realizar as devidas combinações da turma de aplicação e os conteúdos abordados para a construção dos planos de aula.

Tanto a supervisora escolar quanto o professor titular, colocaram-se à disposição para dirimir quaisquer dúvidas ou em caso de necessidade de auxílio.

3.3 PROPOSTA DE PROJETO

Tendo em vista o referencial teórico e metodológico descrito no respectivo trabalho, ou seja, a perspectiva freiriana e a metodologia de ensino *Peer Instruction*, o projeto centrou-se na aplicação de 6 aulas (12 períodos) da disciplina de Física na turma 22 do Curso Técnico em Eletrotécnica, com o total de 22 alunos, detalhadas nos planos de aula, os quais constam no Apêndice A. As aulas ocorreram por videoconferência, através da plataforma *Google Meet*, devido à condição de distanciamento social implementada diante da pandemia de COVID-19, de 11 de setembro a 16 de outubro de 2020. O conteúdo básico das aulas foi o Estudo do Comportamento dos Gases e foram aplicadas conforme o cronograma estabelecido no quadro 1. Foram disponibilizados dois questionários aos alunos, o primeiro tratava de um questionário inicial, ou seja, de introdução, no qual os estudantes explanaram suas experiências, concepções e expectativas diante das aulas de Física, já o questionário final se tratava da avaliação dos alunos sobre a *Peer Instruction* e as aulas realizadas. Houve a aplicação de um teste inicial para reconhecer os conhecimentos prévios dos alunos sobre os assuntos trabalhados na sequência de aulas e um teste final para avaliar a aprendizagem deles. Todos os conteúdos

abordados foram contemplados com testes conceituais, exemplos de situações-problema, exercícios, simulações e vídeos com experimentos demonstrativos ou práticas realizadas em contexto doméstico. Foi aplicado um trabalho com intenção avaliativa, no qual constavam questões qualitativas e quantitativas.

Quadro 1 – Cronograma semanal das aulas de Física segundo a proposta de projeto

Nº da semana	Atividades programadas
1	Questionário inicial + Teste inicial.
2	Variáveis de estado de um gás, Equação de Clapeyron, Princípio de Avogadro e quantidade de matéria + Testes conceituais.
3	Exemplos de situações-problema + Exercícios.
4	Transformações gasosas e Lei geral dos gases ideias + Demonstrações experimentais + Testes conceituais.
5	Exemplos de situações-problema + Exercícios + Trabalho avaliativo.
6	Teste final + Autoavaliação + Questionário final.

Fonte: Elaborado pela autora.

A plataforma *Google Forms* foi utilizada para disponibilizar os questionários e os testes conceituais, bem como o aplicativo *WhatsApp* para disponibilizar as apresentações das aulas, as listas de exercícios, o roteiro da atividade experimental e o trabalho avaliativo, além das discussões em grupo que ocorreram por intermédio deste aplicativo. Por fim, as aulas eram gravadas e disponibilizadas aos alunos através da plataforma *Google Classroom*.

A metodologia *Peer Instruction* foi adaptada às aulas na modalidade remota, a qual estava sendo utilizada pela escola no período de aplicação deste projeto. Portanto, para os testes conceituais das semanas 2 e 4, foi solicitado que os alunos, após responderem individualmente aos referidos testes, realizassem o debate em grupos, com o intuito de assegurar o principal objetivo da metodologia, a discussão por pares. Em seguida, responderam novamente ao teste, independente do percentual de respostas corretas atingido inicialmente pela turma.

3.4 PROCESSO AVALIATIVO

Na primeira semana de aula foi feita uma apresentação da proposta de projeto aos alunos da respectiva turma, bem como seus objetivos, sua justificativa, o funcionamento das aulas e como seriam realizados os processos avaliativos. Na

tentativa de avaliar a aprendizagem dos alunos através da metodologia *Peer Instruction* aplicada, foram realizados alguns cálculos com base no ganho normalizado de Hake (1998), cuja equação foi citada na subseção 2.2.3.1 deste trabalho.

A aprendizagem dos alunos foi avaliada através de um trabalho, com o valor máximo de 5 pontos, e um teste final, com valor máximo de 10 pontos, além do roteiro com as demonstrações experimentais que contribuiu para a avaliação qualitativa escolar. Além de servir como avaliação para os alunos, o teste final foi contabilizado na equação do ganho de Hake, bem como o teste inicial aplicado na primeira semana de aula. Junto ao teste final, foi proporcionado um momento de autoavaliação aos alunos, no qual eles comentaram sobre sua experiência nas aulas e como se dedicaram a elas.

O questionário aplicado na última semana de aula serviu como avaliação qualitativa do método de ensino – aprendizagem pelos alunos. Os instrumentos de avaliação anteriormente citados estão apresentados nos respectivos planos de aula, os quais constam no Apêndice A. Também foi proporcionado um questionário, distinto do questionário dos alunos, para o professor titular responder a fim de que ele avaliasse a metodologia aplicada. Tal questionário estava estruturado com as seguintes perguntas:

1. Você já conhecia metodologias ativas de ensino – aprendizagem? Em caso afirmativo, poderia citar alguns aspectos que caracterizam estas metodologias?
2. Tendo em vista os planos de aula, no geral, o que você achou da metodologia de ensino aplicada?
3. Você acredita que esta metodologia de ensino contribuiu para a aprendizagem dos alunos? Justifique.
4. Em relação à metodologia aplicada, quais aspectos você destacaria como positivos?
5. Em relação à metodologia aplicada, quais aspectos você destacaria como negativos?
6. Aplicaria a *Peer Instruction* nas suas aulas de Física? Justifique.
7. Gostaria de contribuir com alguma sugestão?

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto e as discussões realizadas a partir de tais dados, considerando os referenciais teórico e metodológico do capítulo 2.

Primeiramente, serão expostos os relatos das aulas, os quais incluem as expectativas discentes, os principais aspectos observados nas aulas síncronas por videoconferência e o desempenho dos alunos nos testes conceituais e nas listas de exercícios.

Posteriormente, serão apresentados os aspectos avaliativos, que consistem na análise do desempenho dos alunos nos testes inicial e final, nas atividades experimentais e no trabalho avaliativo, além da autoavaliação e das considerações finais dos alunos e do professor titular sobre o projeto aplicado.

4.1 RELATOS DAS AULAS

Esse subcapítulo contém os relatos das aulas, apresentando as expectativas dos discentes em relação às mesmas, além dos principais aspectos observados durante as aulas síncronas. Em seguida, é analisado o desempenho dos alunos nos testes conceituais e nas listas de exercícios, discutindo os resultados obtidos, em todas as etapas, sob a perspectiva dos referenciais teórico e metodológico contemplados no capítulo 2 deste trabalho.

4.1.1 Expectativas Discentes

Na primeira semana de aula do projeto, foi aplicado um questionário inicial aos alunos, estruturado por nove perguntas dissertativas, através da plataforma *Google Forms*, com o intuito de aproximá-los da professora, autora deste trabalho, bem como conhecer suas experiências vividas na escola, como vem construindo sua aprendizagem, suas expectativas diante das aulas de Física e quais são seus planos para o futuro.

A turma de aplicação, a 22 do Curso Técnico em Eletrotécnica, tem o total de 22 alunos, desses, 14 responderam ao questionário inicial. A primeira pergunta pedia para os discentes comentarem sobre suas disciplinas favoritas e as que menos

gostam. A maior parte das respostas indicaram a disciplina de Matemática como favorita, seguida da Física e Instalações Elétricas. As justificativas eram voltadas ao interesse pelos cálculos e pela aplicação no curso técnico que faziam. Já em relação as disciplinas que menos gostam, os alunos indicaram Português e Química, na sua maioria. Nas justificativas, comentaram sobre a maior identificação com os números do que com as letras, além da complexidade dos conteúdos de Química.

A segunda pergunta do questionário solicitava que os alunos comentassem sobre seus motivos de gostar ou não da disciplina de Física. A maior parte deles diziam gostar da disciplina e o principal motivo alegado era a utilidade dos conteúdos estudados na Física para o cotidiano, como o aluno 1 comenta em sua resposta “Gosto, adoro disciplinas de exatas. E na física os estudos nos fazem entender como atos cotidianos ocorrem”. A outra parte dos discentes disseram “gostar e não gostar”, ao mesmo tempo, como a resposta do aluno 2, por exemplo, “Gosto um pouco, por incluir bastantes equações e números, e não muito por muitas vezes não conseguir entender direito algumas fórmulas e como são aplicadas”.

A terceira pergunta do questionário pedia para os estudantes completarem a sentença “Eu gostaria mais de Física se...”. No geral, os alunos responderam que gostariam mais de Física se houvesse mais atividades práticas e menos cálculos.

A quarta pergunta do questionário solicitava que os discentes comentassem sobre o que haviam achado mais e menos interessante nos conteúdos de Física estudados até aquele momento e de que maneira estes assuntos foram abordados pelo professor. O assunto que mais interessou os alunos foram os tópicos de Cinemática, enquanto o que menos interessou foram os tópicos de Dinâmica. Sobre a abordagem do professor, os alunos comentaram sobre a utilização de apostila e a aplicação de exercícios, como está escrito na resposta do aluno 3 “O conteúdo mais interessante foi o de cinemática, e o menos acho que a dinâmica. Os assuntos abordados pelo professor, foram por exercícios e apostilas com o conteúdo”.

Na quinta pergunta do questionário, a qual pedia para os estudantes comentarem sobre os assuntos que gostariam que fossem abordados na disciplina de Física, foram escritas diversas respostas diferentes. Os principais tópicos citados eram relacionados à Eletricidade, à Física Quântica, às leis da Física e a conteúdos que tivessem mais práticas.

Ao questioná-los sobre suas maiores dificuldades ao estudar Física, na sexta pergunta do questionário, a maior parte dos alunos comentou sobre o uso das

equações e a dificuldade em gravá-las, como na resposta do aluno 4 “Achar a fórmula certa para cada tipo de situação”.

A sétima pergunta pedia que os alunos comentassem sobre sua forma preferida para estudar, sendo sozinho, em grupos ou indiferente. Três dos alunos que responderam, afirmaram que preferem estudar sozinhos, três preferem estudar em grupos e sete deles disseram ser indiferente. Já o aluno 5 respondeu o seguinte “Sozinho tenho mais atenção, entretanto em um grupo que todos participam e tem observações diferentes é de minha preferência”.

A penúltima pergunta do questionário buscou saber as pretensões dos estudantes em relação a cursar o ensino superior, bem como o local e o curso intencionado. A maior parte dos alunos afirmaram ter intenção de entrar no ensino superior, mas muitos ainda estão na dúvida sobre qual o curso ingressar e o local. Alguns dos cursos citados foram Engenharia Elétrica, Administração, Psicologia e Educação Física.

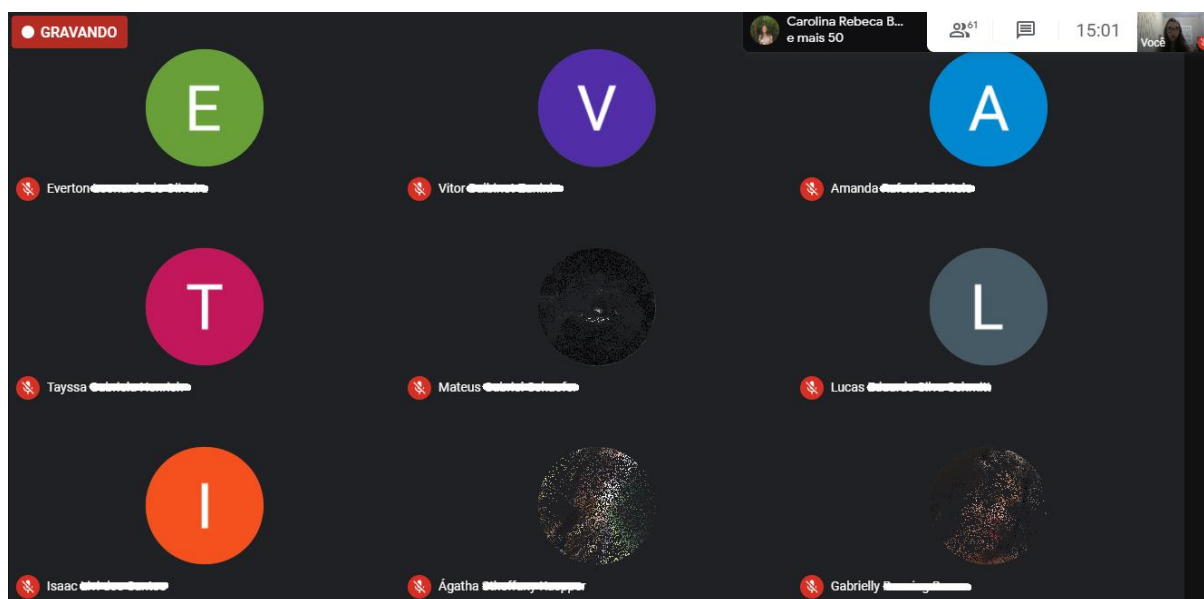
A última pergunta do questionário era relativa às expectativas dos alunos em relação as próximas aulas com a metodologia de ensino explicada na primeira aula. Muitos esperavam que as aulas seriam boas e mais produtivas. Alguns esperavam aprender os conteúdos de forma diferente e o aluno 6 comentou que “é bom diferenciar o modo de ensinar”.

Segundo as expectativas dos alunos explicitadas em suas respostas, percebeu-se que eles esperam algo “diferente” nas aulas de Física, com mais atividades práticas e menos cálculos. A metodologia aplicada buscou apresentar os tópicos de Física sob um viés mais conceitual, conforme a *Peer Instruction* sugere, além das atividades experimentais realizadas de forma complementar (MAZUR, 2015). Os “cálculos” não foram o foco das aulas síncronas e estes foram utilizados com o intuito de aplicar os conceitos em situações-problema. Estas atividades foram incluídas no planejamento inclusive por recomendação do professor titular. No geral, os alunos esperavam que as aulas fossem boas e produtivas, sendo que suas considerações sobre estas, colhidas através do questionário final, estão apresentadas na subseção 4.2.5.1 deste trabalho.

4.1.2 Considerações Gerais

O projeto contemplou a aplicação de 6 aulas, com 2 períodos de 50 minutos, de forma remota, ou seja, por videoconferência através da plataforma *Google Meet*, conforme exemplifica a figura 1. As atividades seguiram de acordo com o cronograma do quadro 1 da seção 3.3. O professor titular informou que as turmas de segundo ano estavam tendo aula simultaneamente, portanto, além da turma de aplicação do projeto, todas as outras turmas de segundo ano dele iriam assistir às 6 aulas. Com isso, as aulas contaram sempre com mais de 60 alunos online. Dos 22 alunos da turma 22 do Curso Técnico em Eletrotécnica, cerca de 50% sempre estava presente nas aulas.

Figura 1 – Imagem da aula por videoconferência através da plataforma *Google Meet*



Fonte: Elaborada pela autora.

A aula da semana 1 teve como foco a apresentação da professora, autora deste trabalho, e do projeto à turma. Neste dia, alguns dos alunos abriram suas *webcams* e microfones para participarem da aula, principalmente para dirimirem algumas dúvidas em relação ao funcionamento das aulas a partir da metodologia apresentada, a *Peer Instruction*. Por fim, foram passadas as atividades programadas, o teste inicial e o questionário inicial.

Na segunda aula, da semana 2, foi dado início ao conteúdo planejado. As explicações duraram cerca de 30 minutos. Durante a apresentação, a professora

perguntava se havia dúvidas e, conforme as respostas, seguia com a aula. Por fim, foi explicado como funcionaria a atividade dos testes conceituais e, para tanto, foi solicitado que os alunos formassem trios e criassem grupos, através da plataforma *WhatsApp*, incluindo a professora, com o intuito de realizarem as discussões. Assim que a aula se encerrou, os estudantes deram início à atividade solicitada, conforme o combinado.

O início da aula da semana 3 se deu pelo retorno do desempenho dos alunos nos testes conceituais da aula anterior, pela professora, além de uma breve retomada dos conceitos estudados anteriormente. A participação dos alunos foi breve e ocorreu somente quando era solicitada.

A aula da semana 4 não contou com a participação do professor titular, que vinha participando de todas as aulas, portanto, a turma ficou sob responsabilidade somente da professora. Nesta aula foram abordados novos assuntos, conforme os planos de aula, e os alunos estavam bem participativos. Por fim, foram aplicados os testes conceituais relativos à aula e a atividade do roteiro experimental. Assim que a aula foi encerrada, os alunos deram início às atividades.

Na penúltima aula, da semana 5, a professora divulgou os resultados dos testes conceituais da aula anterior e deu início ao conteúdo desta aula, conforme seu planejamento. Ao seu final, foi explicado como funcionaria o trabalho avaliativo, bem como o prazo e a forma de entrega. Alguns alunos tiveram dúvidas em relação ao trabalho avaliativo e abriram o microfone para comentar.

A última aula, da semana 6, não contou novamente com a presença do professor titular. Nesta aula, a professora conversou com os alunos sobre os conteúdos estudados até o dado momento, com o intuito de relembrar e reforçar alguns conceitos. Além disso, fez o encerramento do projeto agradecendo a participação dos estudantes nas atividades. Neste momento, alguns deles abriram seus microfones para comentarem sobre as aulas. Muitos elogiaram e disseram gostar da metodologia aplicada. A maior parte dos alunos disse que a atividade que mais gostou foi o roteiro experimental, pois conseguiu aplicar seus conhecimentos no cotidiano. Por fim, foram aplicadas as atividades programadas, o teste final, a autoavaliação e o questionário final.

O fato das aulas serem gravadas e disponibilizadas aos alunos e a restrição de acesso à internet fizeram com que muitos deles não participassem das videoconferências, mas mesmo com isso, as aulas contaram com cerca de 50% de

participação da turma. Além disso, a participação nas atividades planejadas demonstrou o interesse e engajamento da maioria dos estudantes. Outra observação importante é que pelo fato das turmas de segundo ano estarem assistindo a aula, todas ao mesmo tempo, os alunos da turma 22 talvez se sentiram mais envergonhados para abrirem suas *webcams* e microfones, o que pode ter atrapalhado o engajamento deles durante as aulas.

Apesar de terem participado pouco das aulas, no geral, a última aula contou com a participação da maioria dos alunos e, segundo os comentários feitos, eles gostaram da metodologia aplicada, principalmente por propiciar a eles o protagonismo em diversos momentos do processo de aprendizagem, o que vai de acordo com os princípios da *Peer Instruction* e da perspectiva freiriana de educação. (FREIRE, 2019; MAZUR, 2015).

4.1.3 Testes Conceituais

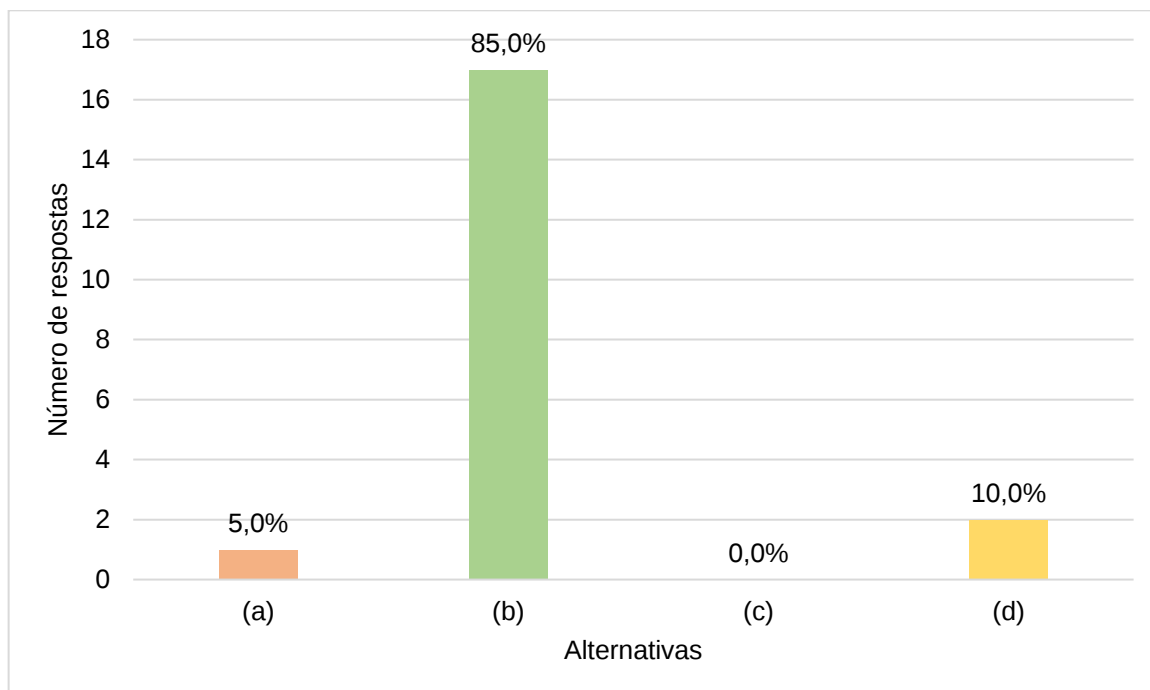
Após as aulas da segunda e quarta semanas, foram aplicados testes conceituais, estruturados por questões conceituais e de múltipla escolha, sobre os assuntos estudados, através da plataforma *Google Forms*. Os testes foram aplicados de acordo com a metodologia *Peer Instruction*, adaptada para a modalidade de ensino remoto, com o intuito de que os alunos refletissem, discutissem com os colegas do seu grupo e respondessem às questões sobre os conteúdos trabalhados.

4.1.3.1 Testes Conceituais Aplicados na Semana 2

Na segunda semana de aula, foram abordados os conteúdos sobre as variáveis de estado de um gás, a Equação de Clapeyron, o Princípio de Avogadro e a quantidade de matéria. Assim que a aula por videoconferência, através da plataforma *Google Meet*, foi finalizada, os alunos realizaram a primeira reflexão acerca dos testes conceituais disponibilizados através do *Google Forms*, de forma individual, e suas respostas foram enviadas até duas horas depois do fim da aula. Do total de 22 alunos, 20 deles responderam à primeira aplicação dos testes conceituais.

O primeiro teste conceitual apresentava uma questão relacionada ao conceito físico “pressão” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 1.

Gráfico 2 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do primeiro teste conceitual da semana 2



1º Teste conceitual

A pressão pode ser definida como:

(a) a variável de estado de um gás que depende somente da força aplicada pelo gás;

(b) a variável de estado de um gás que relaciona os choques das moléculas contra as paredes do recipiente que contém o gás;*

(c) uma grandeza vetorial;

(d) a variável de estado de um gás que relaciona a temperatura e a força das moléculas.

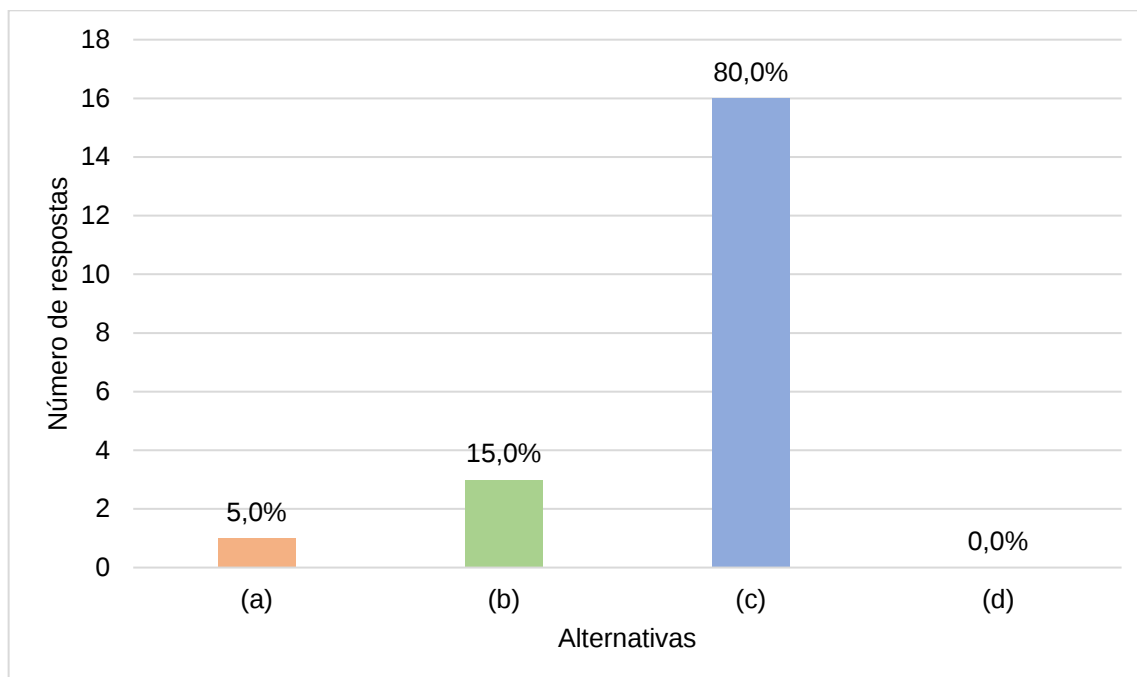
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstra o gráfico 1, 85% dos alunos escolheram a alternativa (b) e, portanto, responderam corretamente ao primeiro teste conceitual. Já 10% dos alunos optaram pela alternativa (d), 5% a alternativa (a) e nenhum aluno escolheu a alternativa (c).

O segundo teste conceitual apresentava uma questão relacionada ao conceito físico “temperatura” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 3.

Gráfico 3 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do segundo teste conceitual da semana 2



2º Teste conceitual

Sobre o conceito de temperatura, pode-se afirmar que:

(a) ela mede o quão quente ou frio está;

(b) é uma grandeza física que mede o calor;

(c) ela mede o estado de agitação das partículas do gás;*

(d) está relacionada com as estações do ano.

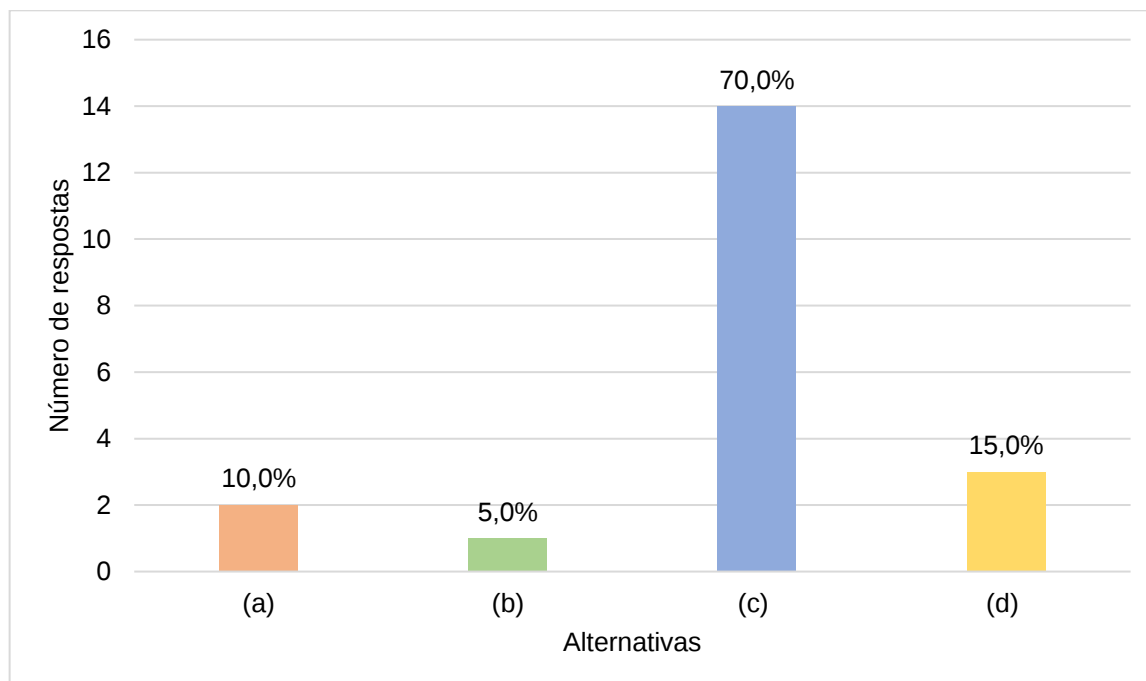
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como é apresentado no gráfico 3, 80% dos alunos optaram pela alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente ao segundo teste conceitual. Já 15% dos alunos escolheram a alternativa (b), 5% a alternativa (a) e nenhum elegeu a alternativa (d).

O terceiro teste conceitual apresentava uma questão relacionada ao conceito físico “volume” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 4.

Gráfico 4 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do terceiro teste conceitual da semana 2



3º Teste conceitual

O volume é a variável de estado de um gás corresponde a(o):

(a) temperatura das partículas do gás;

(b) volume próprio do gás;

(c) volume do recipiente ocupado por ele;*

(d) volume que o gás ocupa, sendo este constante.

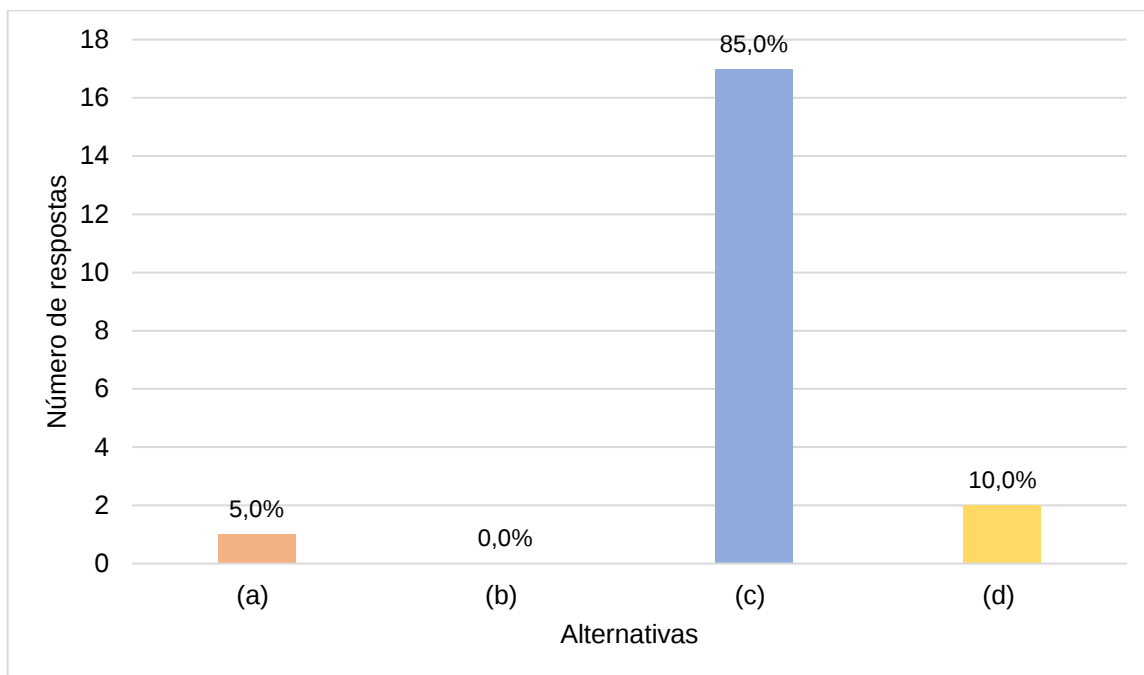
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico 4 mostra que 70% dos alunos optaram pela alternativa (c), os quais responderam corretamente ao terceiro teste conceitual. Já 15% dos alunos escolheram a alternativa (d), 10% a alternativa (a) e 5% a alternativa (b).

O quarto teste conceitual apresentava uma questão sobre quais variáveis eram relacionadas pela Equação de Clapeyron e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 5.

Gráfico 5 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do quarto teste conceitual da semana 2



4º Teste conceitual

A Equação de Clapeyron relaciona _____. Qual das alternativas abaixo completa corretamente a lacuna?

- (a) apenas volume, temperatura e pressão;
- (b) pressão, volume e constante universal dos gases perfeitos;
- (c) pressão, volume, temperatura, número de mols e a constante universal dos gases perfeitos;***
- (d) temperatura, volume, constante universal dos gases perfeitos e número de mols.

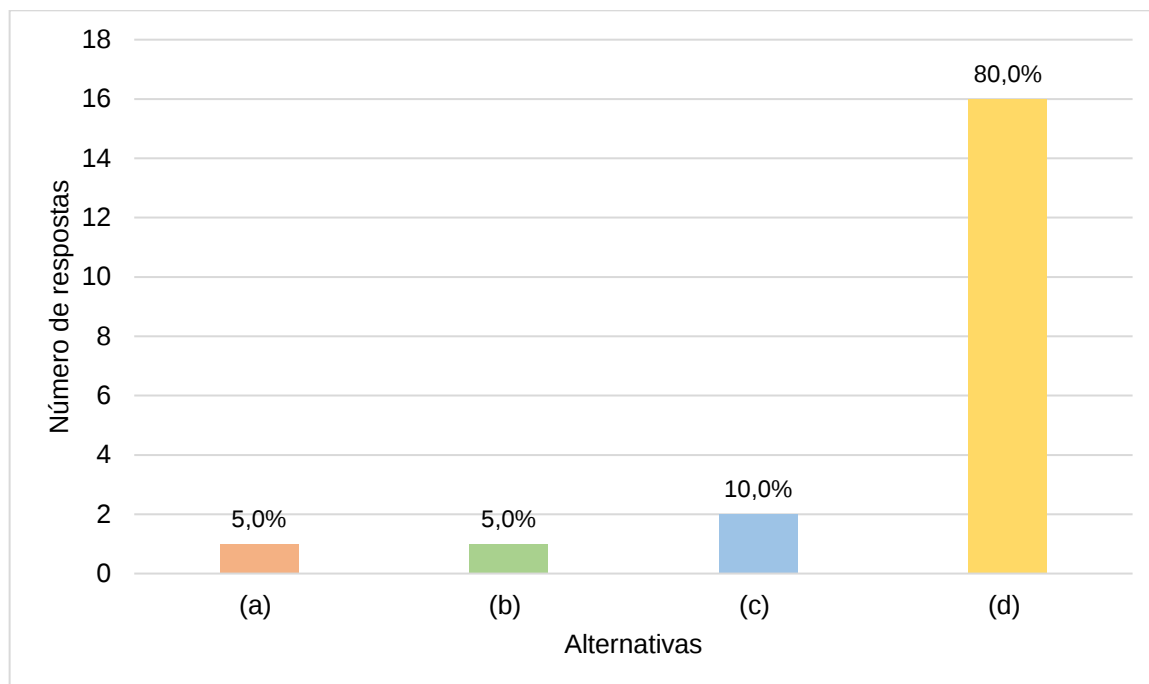
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico 5 mostra que 85% dos alunos optaram pela alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente ao quarto teste conceitual. Já 10% responderam com a alternativa (d), 5% com a alternativa (a) e nenhum escolheu a alternativa (b).

O quinto, e último, teste conceitual apresentava uma questão relacionada ao conceito físico “mol” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 6.

Gráfico 6 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do quinto teste conceitual da semana 2



5º Teste conceitual	
Pode-se compreender o mol como:	
(a)	o volume do gás;
(b)	o número de elétrons;
(c)	a constante de Avogadro;
(d)	a quantidade de matéria microscópica (átomos, moléculas etc).*
*resposta correta.	

Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico 6 mostra que 80% dos alunos optaram pela alternativa (d) e, portanto, responderam corretamente ao quinto teste conceitual. Já 10% escolheram a alternativa (c), 5% a alternativa (b) e 5% a alternativa (a).

Na aplicação inicial dos testes conceituais, todos eles contaram com uma porcentagem de acerto igual ou superior a 70%, o que indica, segundo a metodologia *Peer Instruction*, um excelente desempenho dos alunos, mesmo antes de realizarem as discussões em seus grupos. (ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

Após o envio das respostas da primeira aplicação dos testes conceituais, a professora solicitou que os alunos comparassem e discutissem suas respostas em

seus grupos, através da plataforma *WhatsApp*, e que estivesse adicionada a fim de monitorar as discussões. Havia oito grupos formados, sendo seis trios e duas duplas. Os testes conceituais da semana 2 foram discutidos conforme indica o quadro 2.

Quadro 2 – Relação dos testes conceituais da semana 2 que foram discutidos nos grupos

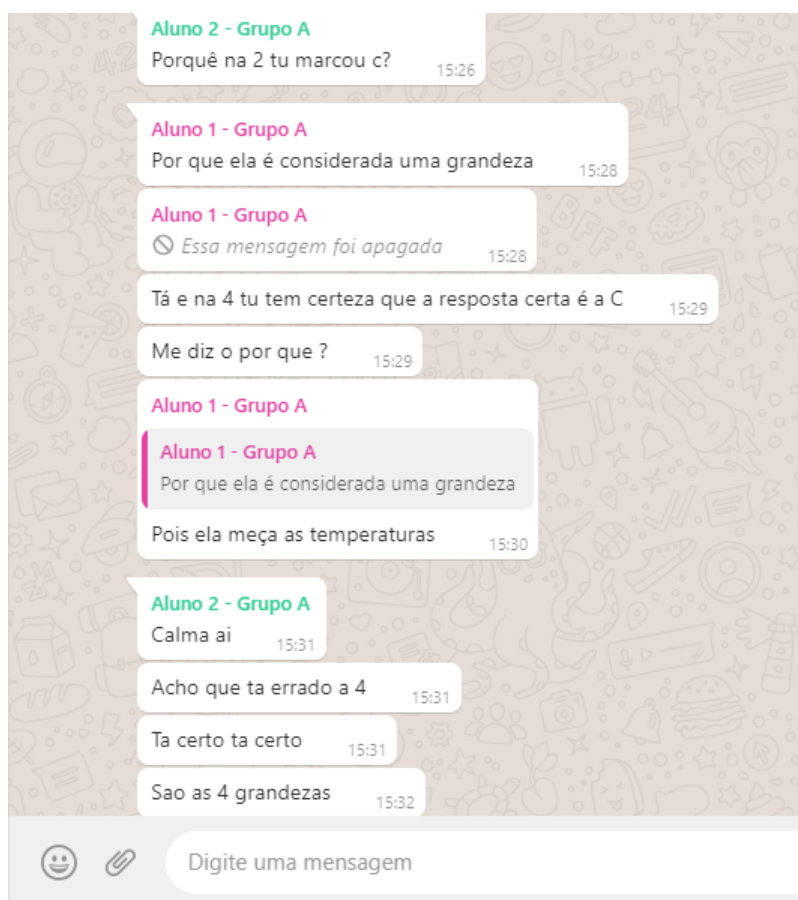
Teste conceitual	Grupos							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1			X	X				
2	X		X	X				
3		X	X					
4	X		X	X				
5				X				

Fonte: Elaborado pela autora.

As discussões iniciaram, de maneira geral, pela comparação das respostas. Do número total de grupos, quatro deles obtiveram respostas iguais e corretas e, portanto, não realizaram debate. Já os alunos da outra metade dos grupos, compararam suas respostas e como havia divergências, deram início às discussões, as quais estão representadas, em parte, nas figuras 2 a 8.

Na figura 2, observa-se a discussão que os alunos do Grupo A realizaram sobre o segundo e o quarto teste conceitual, os quais tratam sobre o conceito de “temperatura” e as variáveis envolvidas na Equação de Clapeyron, respectivamente.

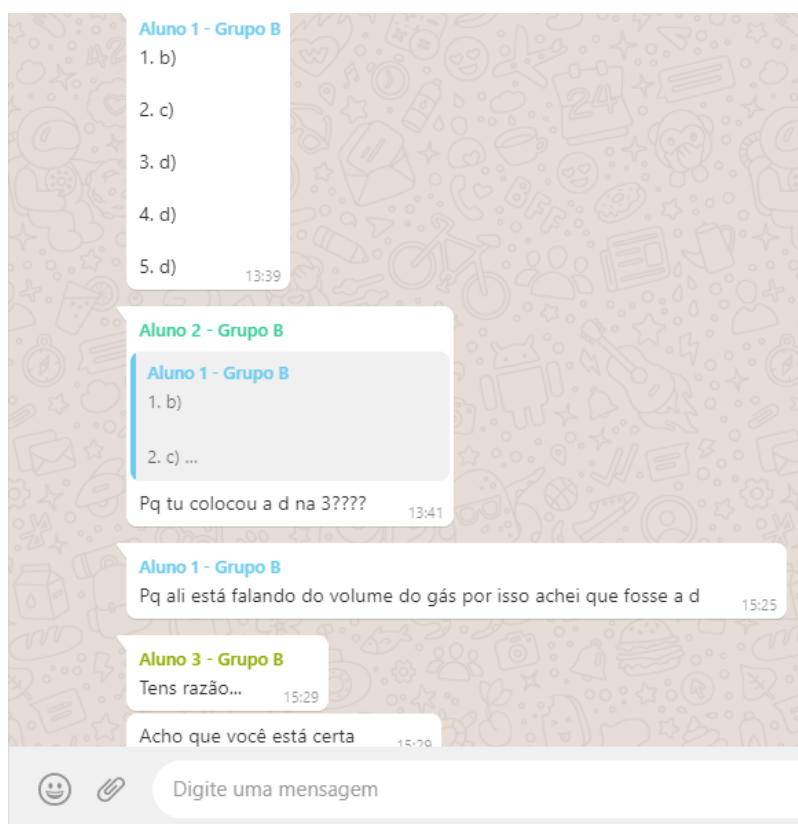
Figura 2 – Discussão dos alunos do Grupo A sobre o segundo e quarto teste conceitual da semana 2



Fonte: Registrada pela autora.

Já na figura 3, nota-se a discussão realizada pelos alunos do Grupo B sobre o terceiro teste conceitual, o qual trata sobre o conceito físico “volume”.

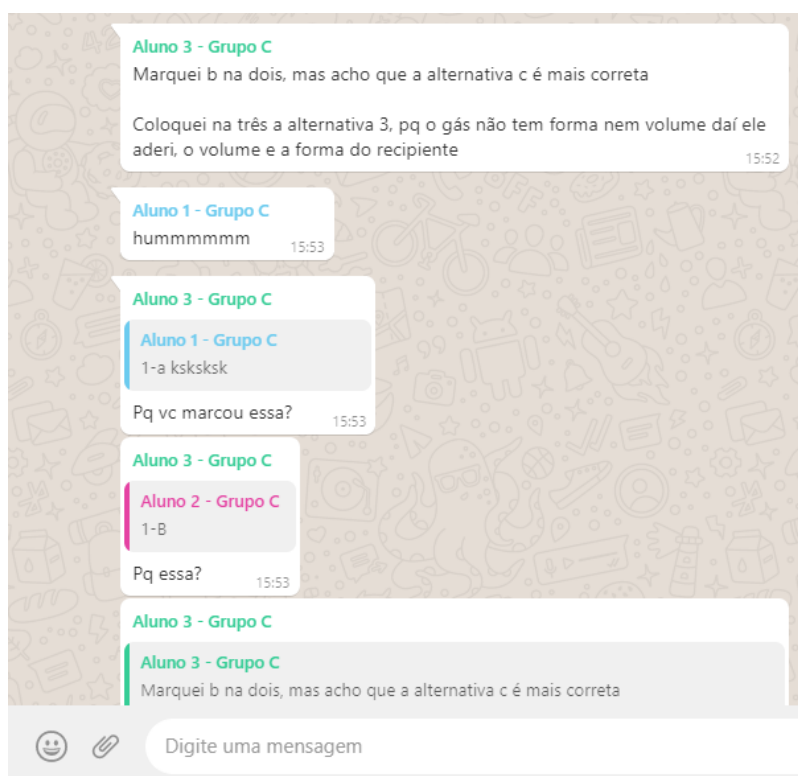
Figura 3 – Discussão dos alunos do Grupo B sobre o terceiro teste conceitual da semana 2



Fonte: Registrada pela autora.

Os alunos do Grupo C realizaram uma discussão sobre quase todos os testes conceituais. Na figura 4, repara-se o início da discussão acerca do primeiro, segundo e terceiro teste conceitual, os quais tratam sobre os conceitos físicos “pressão”, “temperatura” e “volume”, respectivamente.

Figura 4 – Discussão dos alunos do Grupo C sobre o primeiro, segundo e terceiro teste conceitual da semana 2



Fonte: Registrada pela autora.

Na figura 5, observa-se a continuação das discussões dos alunos do Grupo C sobre o primeiro teste conceitual.

Figura 5 – Discussão dos alunos do Grupo C sobre o primeiro teste conceitual da semana 2



Fonte: Registrada pela autora.

Por último, os alunos do Grupo C discutiram suas respostas do quarto teste conceitual, o qual trata sobre as variáveis relacionadas na Equação de Clapeyron, como é possível ver na figura 6.

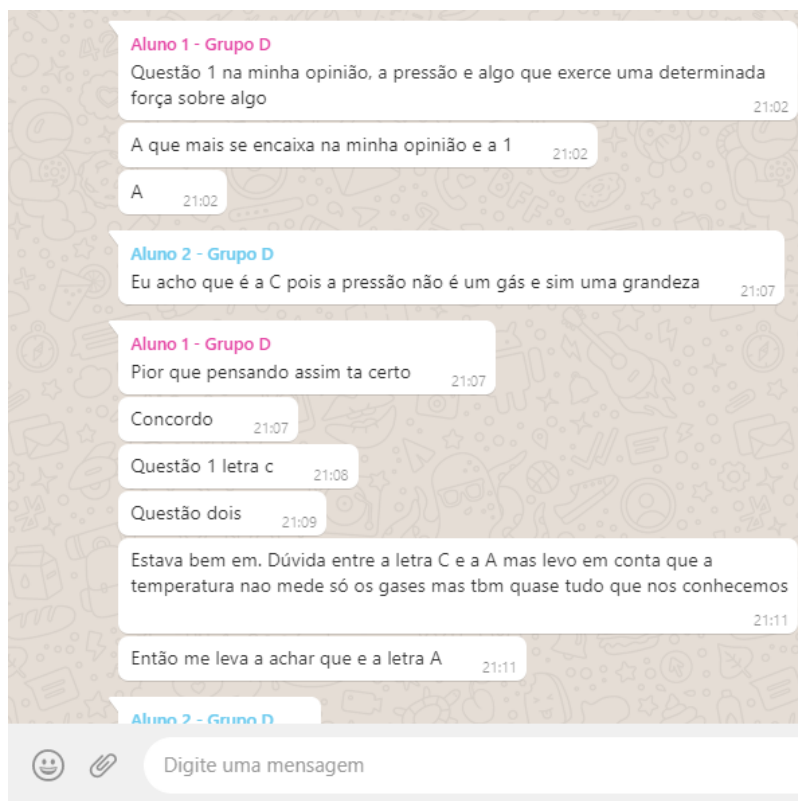
Figura 6 – Discussão dos alunos do Grupo C sobre o quarto teste conceitual da semana 2



Fonte: Registrada pela autora.

Para finalizar as demonstrações, os alunos do Grupo D realizaram suas discussões acerca do primeiro, segundo, quarto e quinto teste conceitual. Na figura 7 é possível observar os alunos discutindo suas respostas do primeiro e segundo teste conceitual, os quais tratam sobre os conceitos físicos “pressão” e “temperatura”, respectivamente.

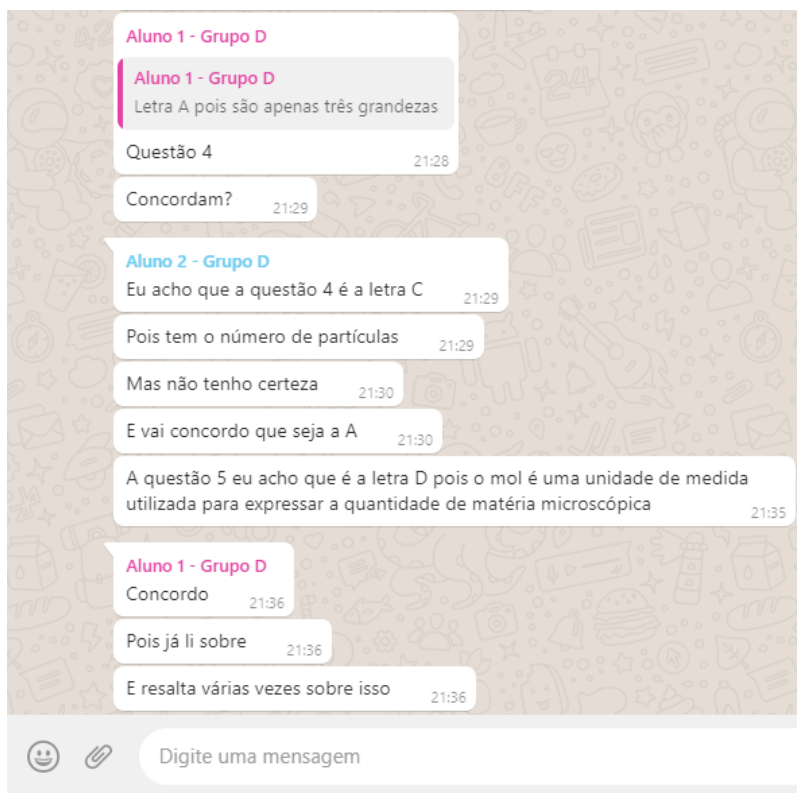
Figura 7 – Discussão dos alunos do Grupo D sobre o primeiro e segundo teste conceitual da semana 2



Fonte: Registrada pela autora.

Na continuidade das discussões, os alunos comentam suas respostas do quarto e quinto teste conceitual, os quais tratam sobre as variáveis envolvidas na Equação de Clapeyron e o conceito físico “mol”, respectivamente, como é possível ver na figura 8.

Figura 8 – Discussão dos alunos do Grupo D sobre o quarto e quinto teste conceitual da semana 2

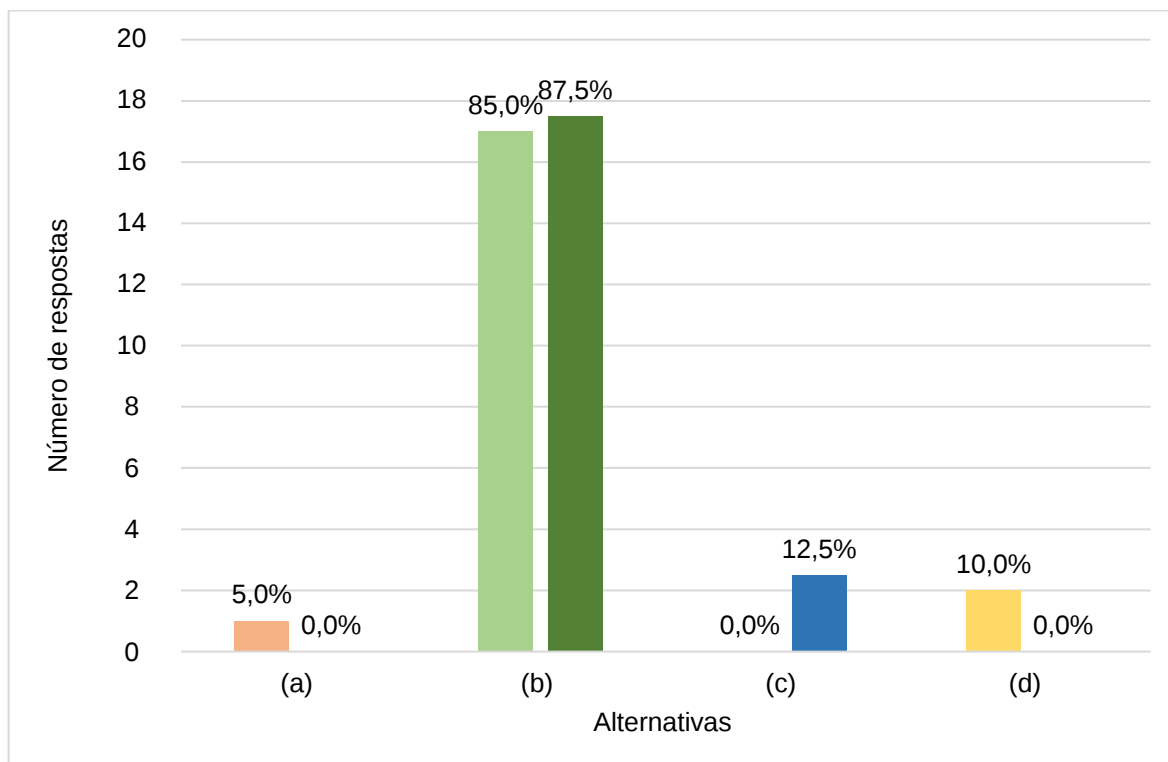


Fonte: Registrada pela autora.

Assim que os grupos concluíram as discussões, o *link* do segundo formulário foi enviado e os alunos registraram suas respostas novamente. O desempenho dos 16 estudantes que responderam à segunda aplicação dos testes conceituais está representado nos gráficos abaixo.

No primeiro teste conceitual, 87,5% dos alunos escolheram a alternativa (b) e, portanto, responderam corretamente. Já 12,5% dos alunos optaram pela alternativa (c) e nenhum aluno escolheu as alternativas (a) e (d), como é possível ver no gráfico 7.

Gráfico 7 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do primeiro teste conceitual da semana 2



1º Teste conceitual

A pressão pode ser definida como:

- (a) a variável de estado de um gás que depende somente da força aplicada pelo gás;
- (b) a variável de estado de um gás que relaciona os choques das moléculas contra as paredes do recipiente que contém o gás;***
- (c) uma grandeza vetorial;
- (d) a variável de estado de um gás que relaciona a temperatura e a força das moléculas.

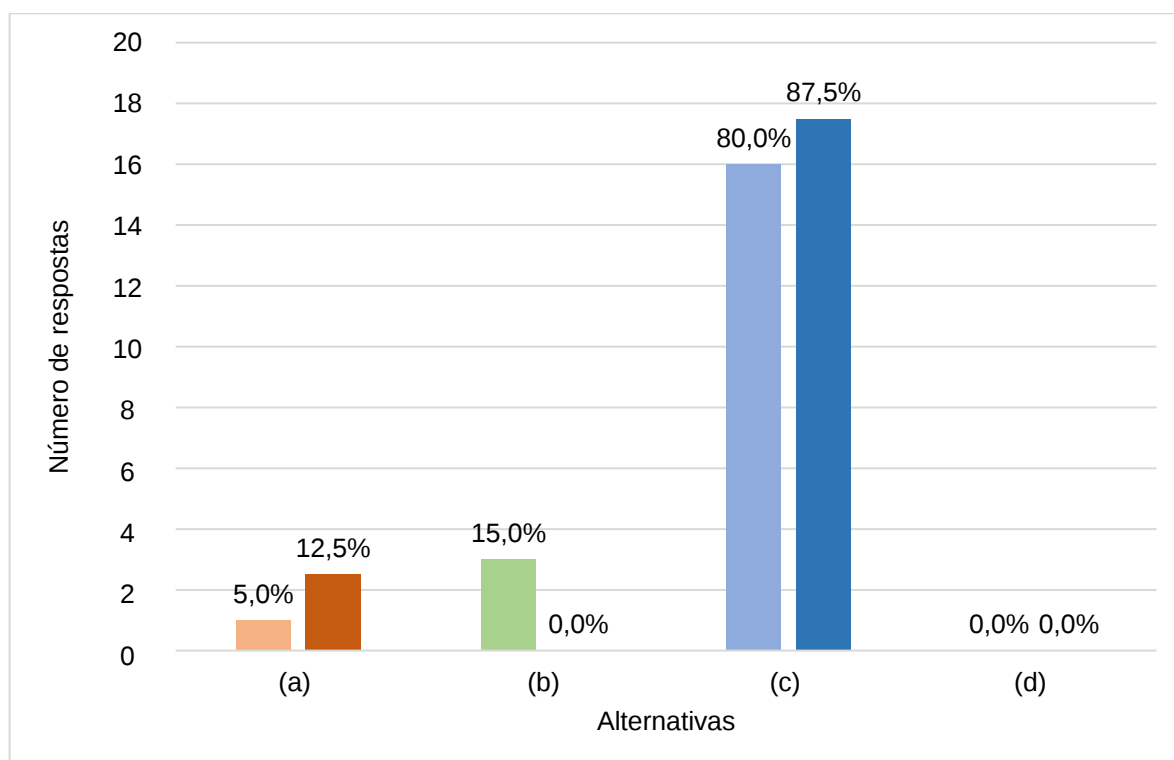
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do primeiro teste conceitual, obteve-se um aumento de 2,5% nas respostas corretas.

No segundo teste conceitual, 87,5% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente. Já 12,5% dos alunos optaram pela alternativa (a) e nenhum aluno escolheu as alternativas (b) e (d), como é possível ver no gráfico 8.

Gráfico 8 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do segundo teste conceitual da semana 2



2º Teste conceitual

Sobre o conceito de temperatura, pode-se afirmar que:

- (a) ela mede o quão quente ou frio está;
- (b) é uma grandeza física que mede o calor;
- (c) ela mede o estado de agitação das partículas do gás;***
- (d) está relacionada com as estações do ano.

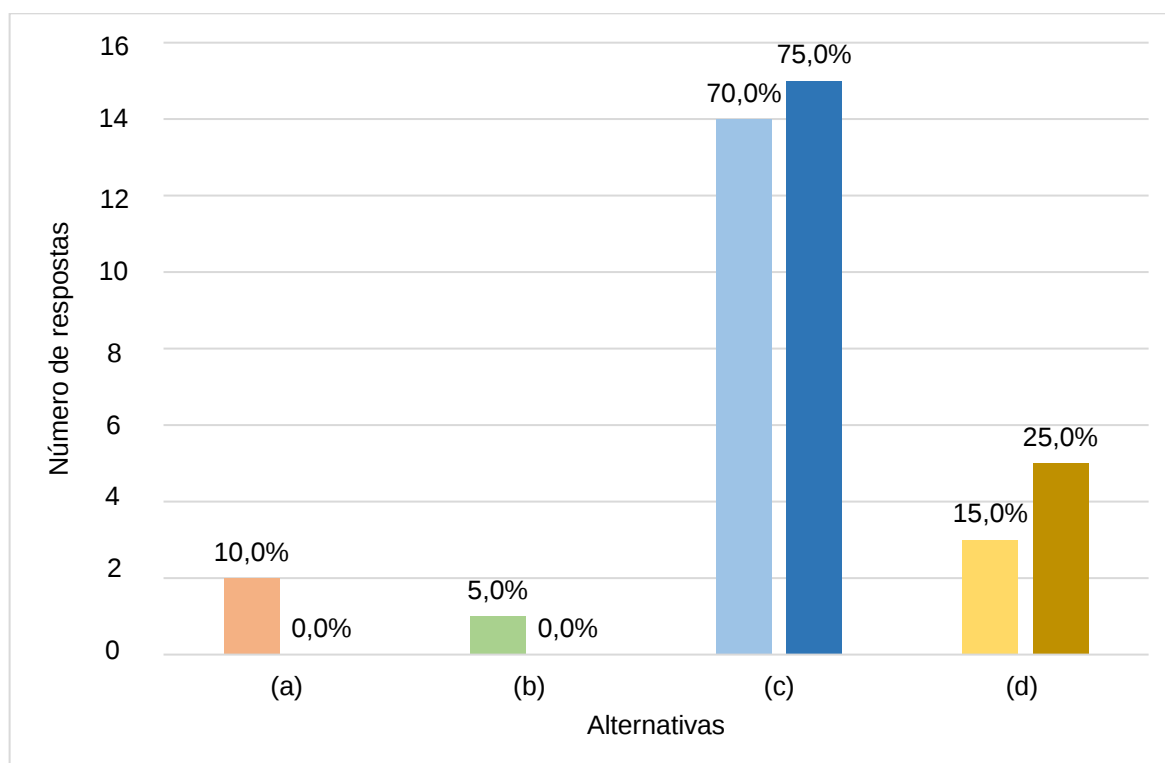
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do segundo teste conceitual, obteve-se um aumento de 7,5% nas respostas corretas.

No terceiro teste conceitual, 75% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente. Já 25% dos alunos optaram pela alternativa (d) e nenhum aluno escolheu as alternativas (a) e (b), como é possível ver no gráfico 9.

Gráfico 9 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do terceiro teste conceitual da semana 2



3º Teste conceitual

O volume é a variável de estado de um gás corresponde a(o):

(a) temperatura das partículas do gás;

(b) volume próprio do gás;

(c) volume do recipiente ocupado por ele;*

(d) volume que o gás ocupa, sendo este constante.

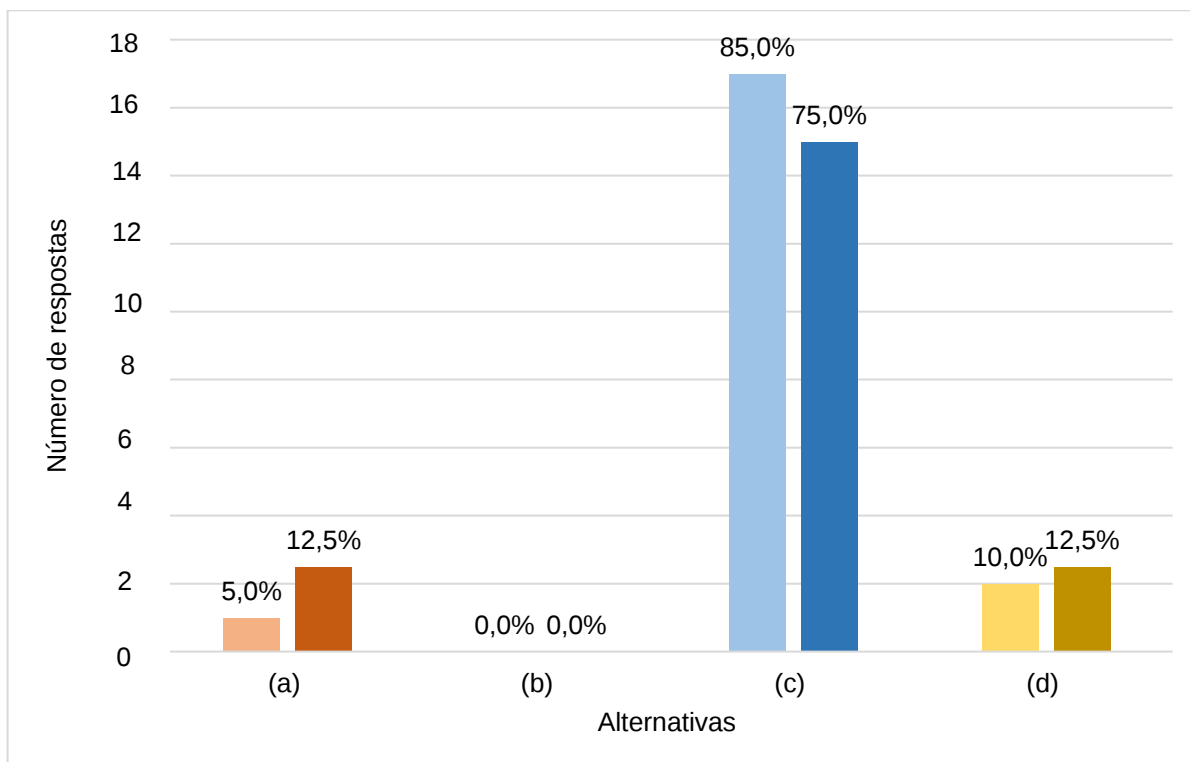
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do terceiro teste conceitual, obteve-se um aumento de 5% nas respostas corretas.

No quarto teste conceitual, 75% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente. Já 12,5% dos alunos optaram pela alternativa (a), 12,5% a alternativa (d) e nenhum aluno escolheu a alternativa (b), como é possível ver no gráfico 10.

Gráfico 10 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do quarto teste conceitual da semana 2



4º Teste conceitual

A Equação de Clapeyron relaciona _____. Qual das alternativas abaixo completa corretamente a lacuna?

- (a) apenas volume, temperatura e pressão;
- (b) pressão, volume e constante universal dos gases perfeitos;
- (c) pressão, volume, temperatura, número de mols e a constante universal dos gases perfeitos;***
- (d) temperatura, volume, constante universal dos gases perfeitos e número de mols.

*resposta correta.

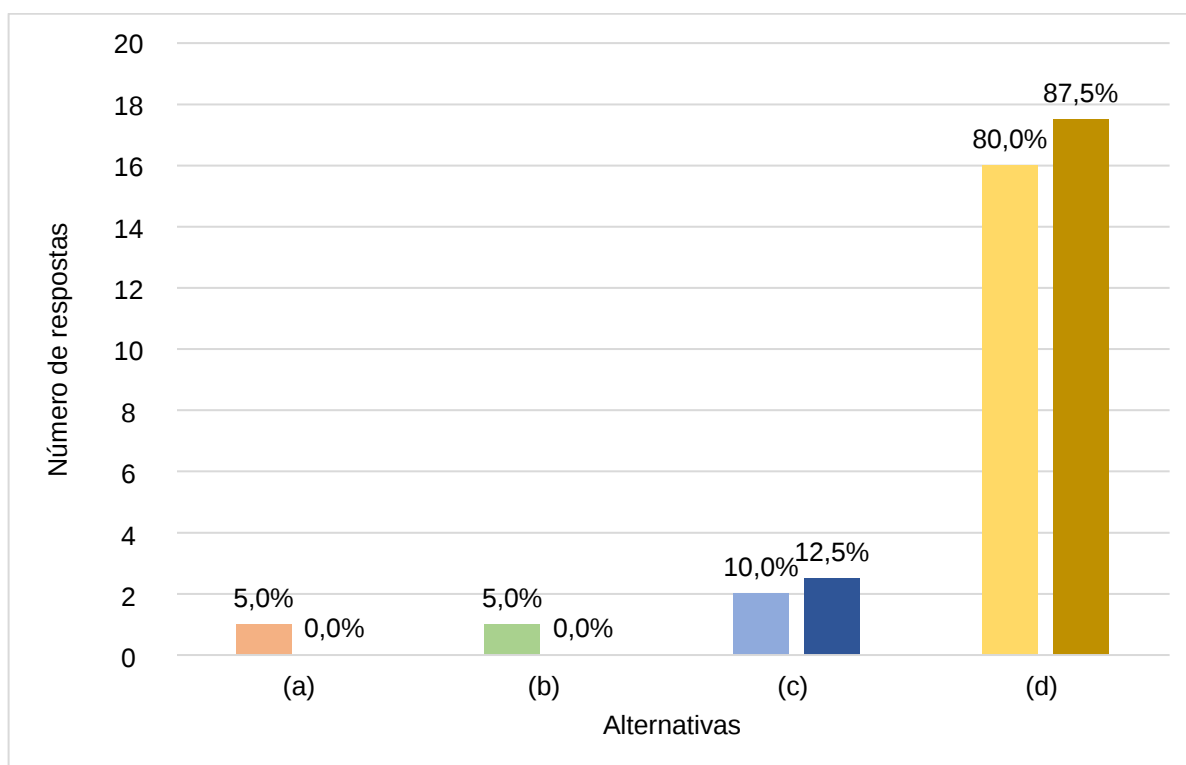
Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do quarto teste conceitual, obteve-se uma redução de 10% nas respostas corretas, porém, ainda assim as respostas corretas mantiveram-se acima de 70%. Com isso, não se fez necessária uma nova aplicação de testes conceituais.

No quinto, e último, teste conceitual, 87,5% dos alunos escolheram a alternativa (d) e, portanto, responderam corretamente. Já 12,5% dos alunos optaram pela

alternativa (c) e nenhum aluno escolheu as alternativas (a) e (b), como é possível ver no gráfico 11.

Gráfico 11 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do quinto teste conceitual da semana 2



5º Teste conceitual	
Pode-se compreender o mol como:	
(a) o volume do gás;	
(b) o número de elétrons;	
(c) a constante de Avogadro;	
(d) a quantidade de matéria microscópica (átomos, moléculas etc).*	
*resposta correta.	

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do quinto teste conceitual, obteve-se um aumento de 7,5% nas respostas corretas.

Após a segunda aplicação dos testes conceituais, todos eles mantiveram uma porcentagem de acerto superior a 70%, ou seja, os alunos continuaram tendo um excelente desempenho, segundo a metodologia *Peer Instruction*. Por fim, considera-se que os alunos tenham se interessado e participado ativamente da atividade

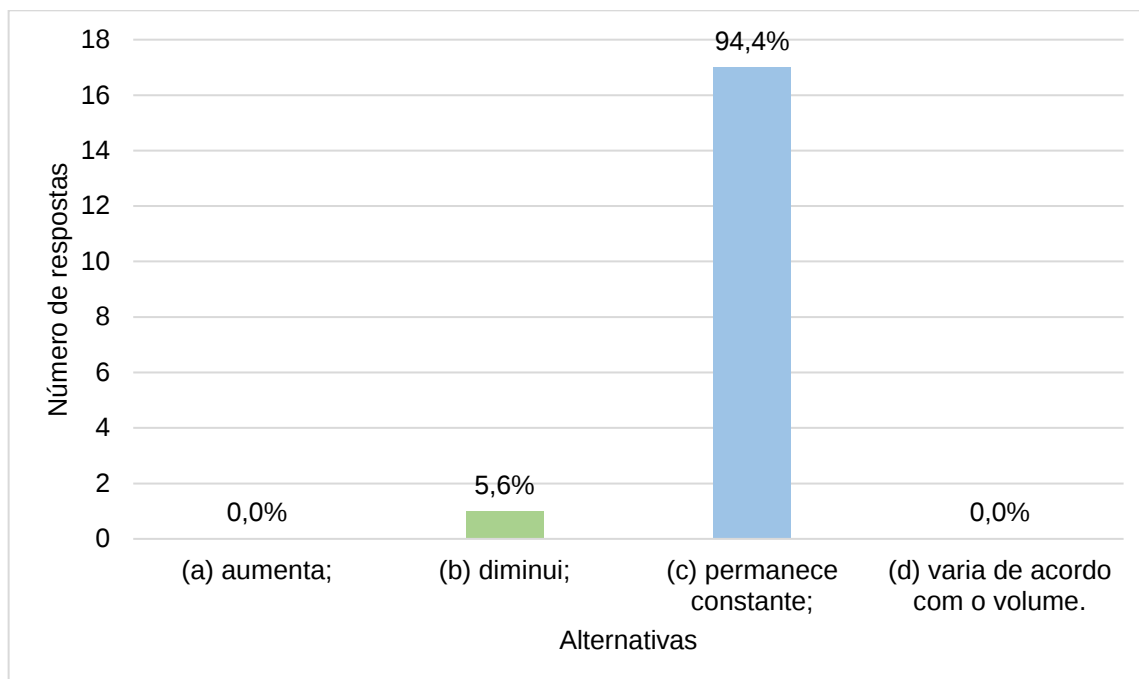
proposta, porém o engajamento decaiu em relação ao número de respondentes inicial (20) e final (16). Apesar da redução na porcentagem de acerto no quarto teste conceitual, o valor de referência que demonstra a compreensão dos assuntos pelos alunos se manteve excelente. (ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

4.1.3.2 Testes Conceituais Aplicados na Semana 4

Na quarta semana de aula, foram abordados os conteúdos sobre as Transformações gasosas e a Lei geral dos gases ideais. E, novamente, assim que a aula por videoconferência foi finalizada, os alunos realizaram a primeira reflexão acerca dos testes conceituais disponibilizados através do *Google Forms*, de forma individual, e suas respostas foram enviadas até duas horas depois do fim da aula. Do total de 22 alunos, 18 deles responderam à primeira aplicação dos testes conceituais.

O primeiro teste conceitual apresentava uma questão relacionada a “transformação gasosa isotérmica” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 12.

Gráfico 12 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do primeiro teste conceitual da semana 4



1º Teste conceitual

Numa transformação isotérmica, de dada massa de um gás, a temperatura:

(a) aumenta;

(b) diminui;

(c) permanece constante;*

(d) varia de acordo com o volume.

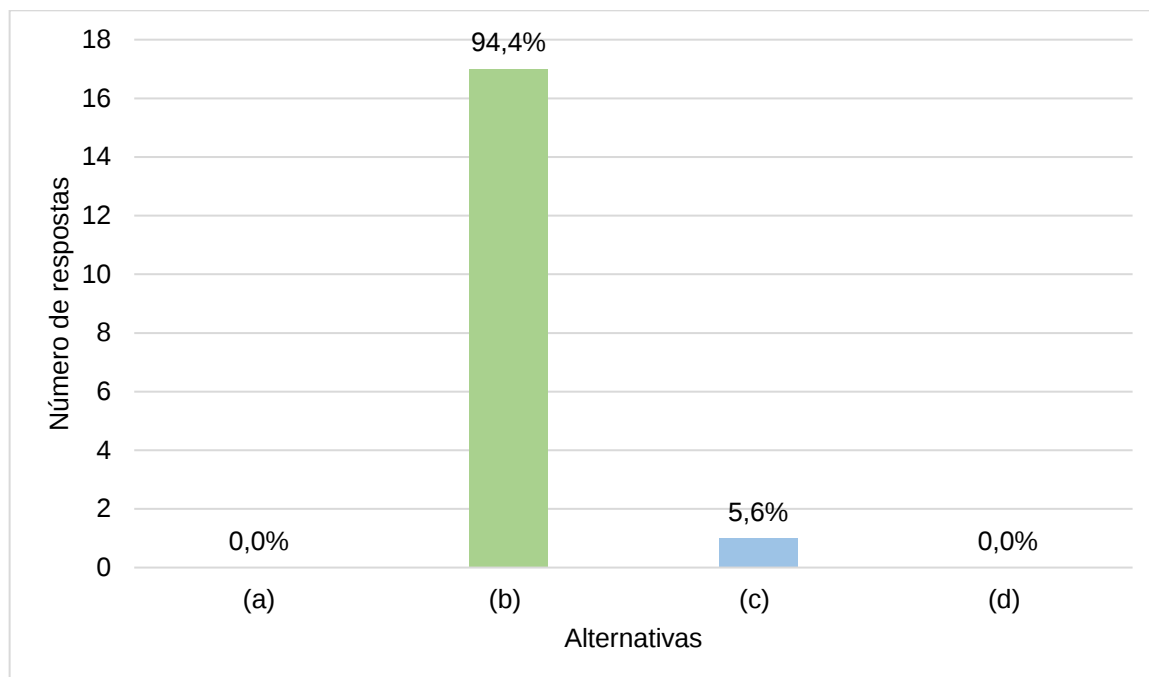
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstra o gráfico 12, 94,4% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente ao primeiro teste conceitual. Já 5,6% dos alunos optaram pela alternativa (b) e nenhum aluno escolheu as alternativas (a) e (d).

O segundo teste conceitual apresentava uma questão relacionada a “transformação gasosa isobárica” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 13.

Gráfico 13 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do segundo teste conceitual da semana 4



2º Teste conceitual
A pressão numa transformação isobárica:
(a) diminui;
(b) permanece constante;*
(c) aumenta;
(d) varia com o passar do tempo.
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstra o gráfico 13, 94,4% dos alunos escolheram a alternativa (b) e, portanto, responderam corretamente ao segundo teste conceitual. Já 5,6% dos alunos optaram pela alternativa (c) e nenhum aluno escolheu as alternativas (a) e (d).

O terceiro teste conceitual apresentava a seguinte questão:

A transformação isovolumétrica diz que:

(a) o volume permanece constante;

(b) o volume aumenta;

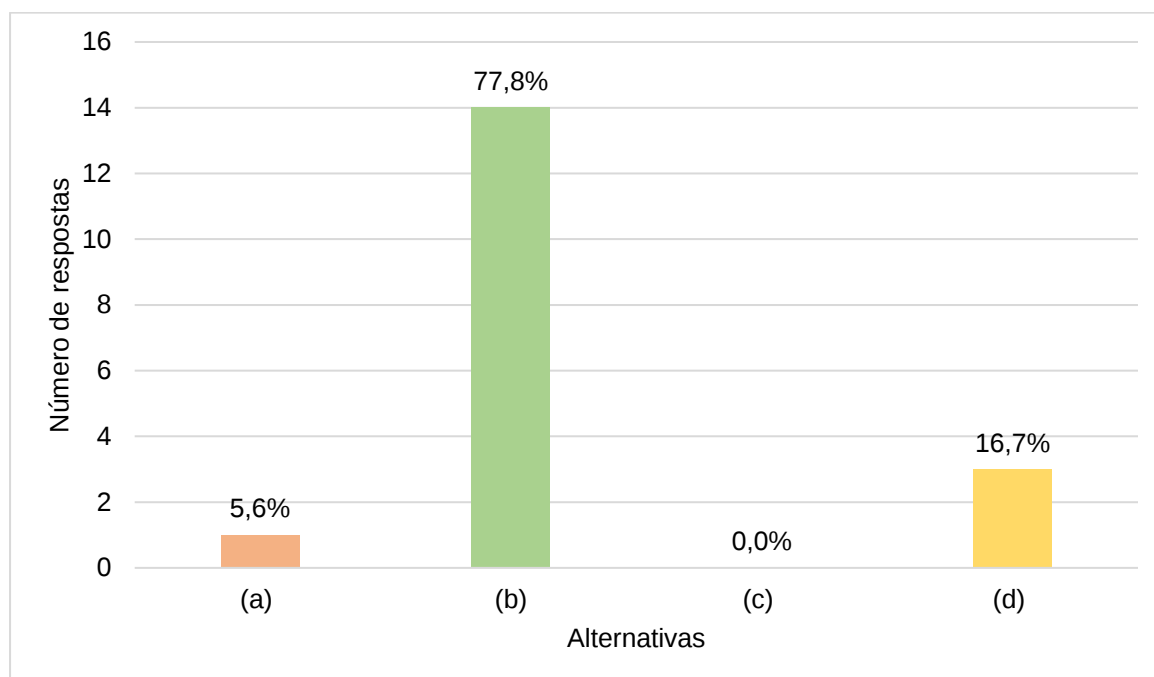
(c) o volume diminui;

(d) o volume varia.

Dentre as quatro alternativas como resposta, de (a) a (d), todos os alunos optaram pela letra (a) e, portanto, 100% respondeu corretamente ao terceiro teste conceitual.

O quarto teste conceitual apresentava uma questão relacionada ao “aumento da pressão de um gás” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 14.

Gráfico 14 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do quarto teste conceitual da semana 4



4º Teste conceitual

Para aumentar a pressão que um gás exerce, devemos:

(a) aumentar sua temperatura e aumentar seu volume;

(b) aumentar sua temperatura e conservar seu volume;*

(c) diminuir sua temperatura e aumentar seu volume;

(d) diminuir sua temperatura e conservar seu volume.

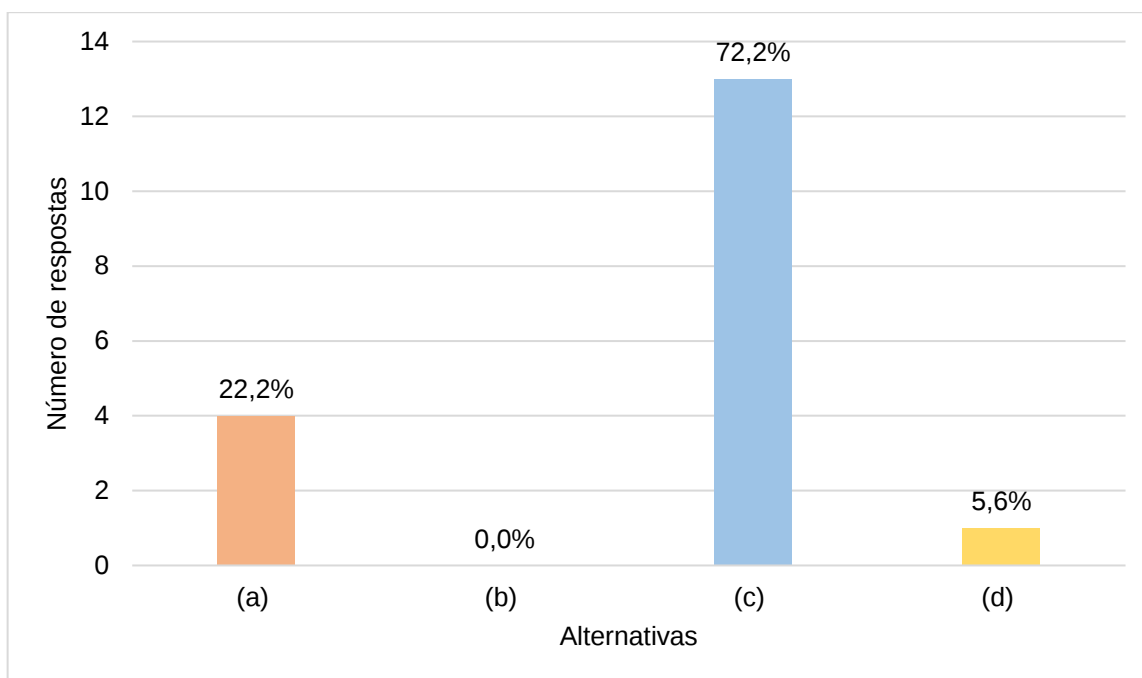
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstra o gráfico 14, 77,8% dos alunos escolheram a alternativa (b) e, portanto, responderam corretamente ao quarto teste conceitual. Já 16,7% dos alunos optaram pela alternativa (d), 5,6% a alternativa (a) e nenhum aluno escolheu a alternativa (c).

O quinto teste conceitual apresentava uma questão relacionada ao “aquecimento de um gás em recipiente fechado e indeformável” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 15.

Gráfico 15 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do quinto teste conceitual da semana 4



5º Teste conceitual

Aquecendo-se um gás em recipiente fechado e indeformável, ele:

- (a) aumenta de volume e de pressão;
- (b) conserva o volume e a pressão;
- (c) conserva o volume e aumenta a pressão;***
- (d) aumenta de volume e diminui a pressão.

*resposta correta.

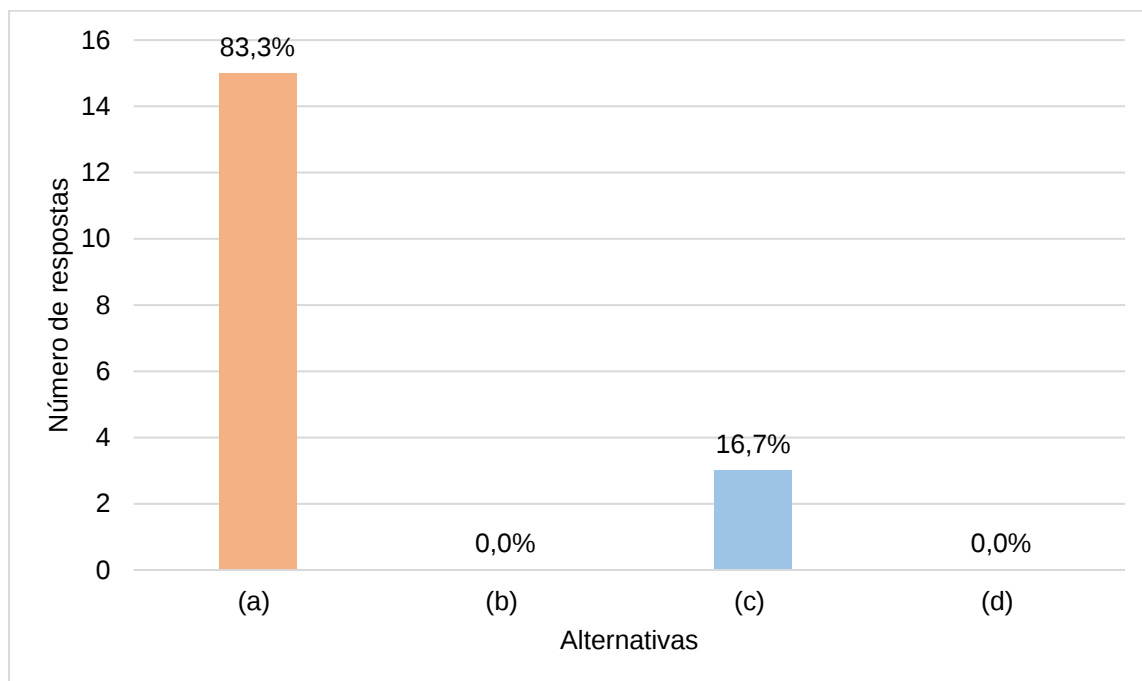
Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstra o gráfico 15, 72,2% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente ao quinto teste conceitual. Já 22,2% dos alunos optaram pela alternativa (a), 5,6% a alternativa (d) e nenhum aluno escolheu a alternativa (b).

O sexto teste conceitual apresentava uma questão relacionada a “variação do volume de um recipiente contendo gás a uma temperatura constante” e quatro

alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 16.

Gráfico 16 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do sexto teste conceitual da semana 4



6º Teste conceitual

Se diminuirmos o volume de um recipiente fechado contendo gás e mantivermos constante a temperatura, a pressão do gás:

(a) aumentará;*

(b) diminuirá;

(c) não sofrerá alteração;

(d) dependendo do gás, aumentará ou diminuirá.

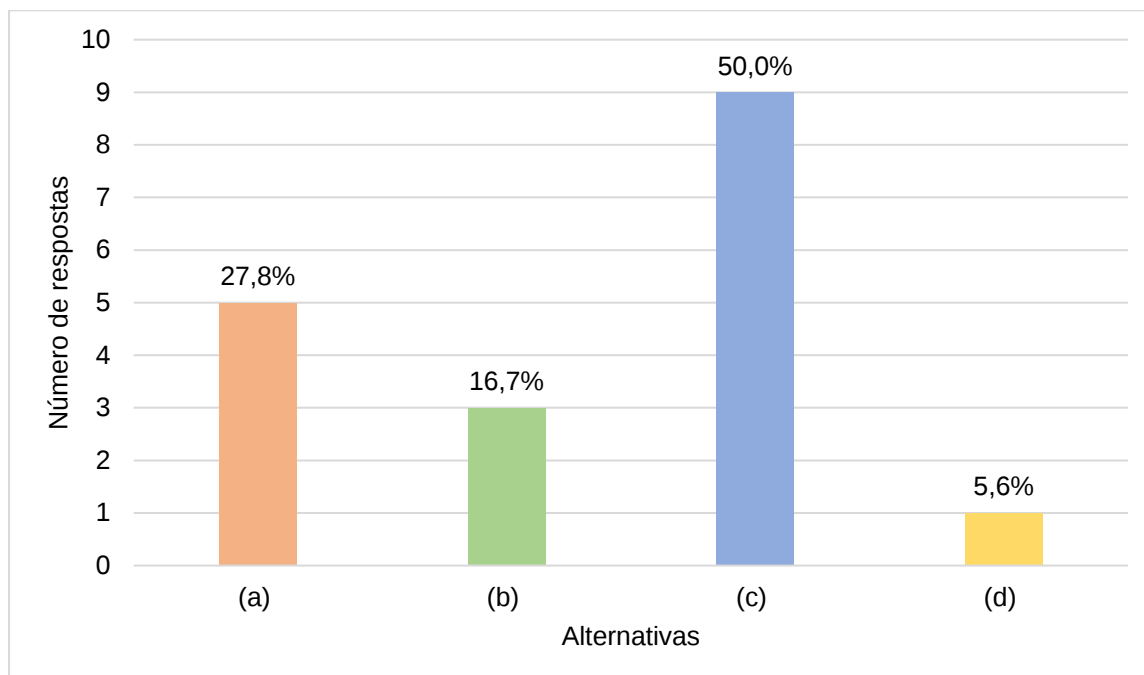
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstra o gráfico 16, 83,3% dos alunos escolheram a alternativa (a) e, portanto, responderam corretamente ao sexto teste conceitual. Já 16,7% dos alunos optaram pela alternativa (c) e nenhum aluno escolheu as alternativas (b) e (d).

O sétimo, e último, teste conceitual apresentava uma questão relacionada a “expansão de um gás quando aquecido” e quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos está representado no gráfico 17.

Gráfico 17 – Desempenho dos alunos na aplicação inicial do sétimo teste conceitual da semana 4



7º Teste conceitual

Por que um gás se expande quando aquecido?

(a) as moléculas aumentam de tamanho;

(b) os gases não se expandem, eles se contraem quando aquecidos;

(c) as moléculas se movem mais rapidamente, o que causa mais pressão, e consequentemente expansão;*

(d) por que o gás aumenta de densidade.

*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstra o gráfico 17, 50% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente ao sétimo teste conceitual. Já 27,8% dos alunos optaram pela alternativa (a), 16,7% a alternativa (b) e 5,6% a alternativa (d).

Na aplicação inicial dos testes conceituais, exceto o sétimo, todos eles contam com uma porcentagem de acerto superior a 70%, o que indica um ótimo desempenho dos alunos mesmo antes de realizarem as discussões em seus grupos, conforme os valores de referência para o funcionamento da metodologia *Peer Instruction*. (ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

Novamente, a professora solicitou que os alunos comparassem e discutissem suas respostas em seus grupos, através da plataforma *WhatsApp*. Do total de oito grupos, quatro trios e uma dupla responderam ao formulário, exceto o aluno 1 do Grupo C, que não registrou suas respostas dentro do prazo. Os testes conceituais da semana 4 foram discutidos conforme demonstra o quadro 3.

Quadro 3 – Relação dos testes conceituais da semana 4 que foram discutidos nos grupos

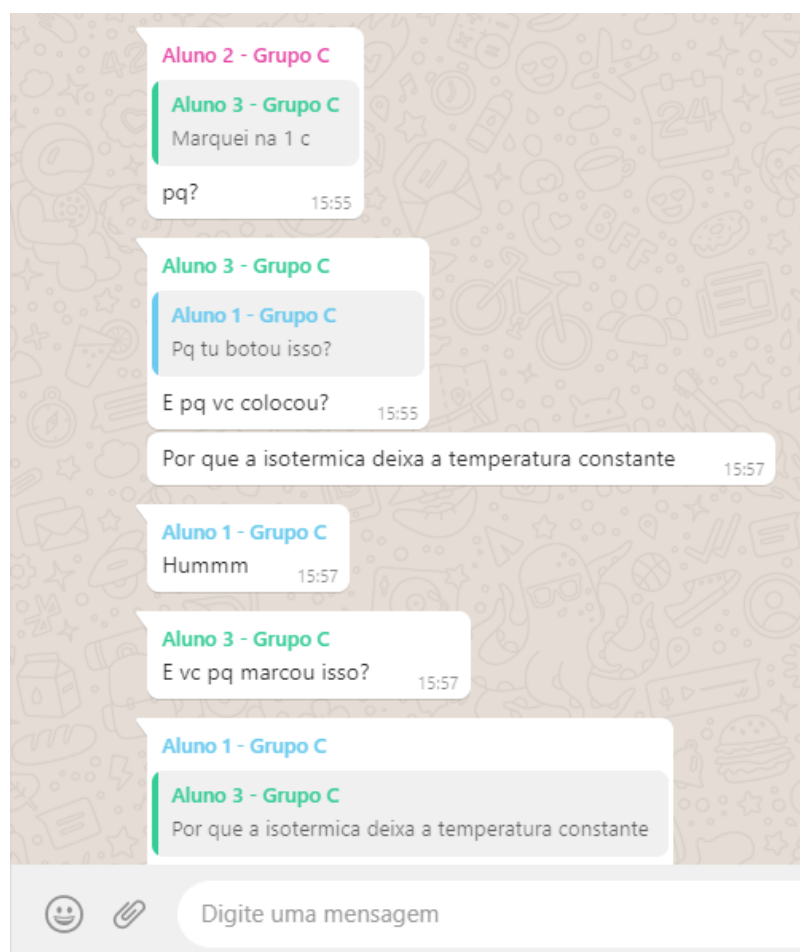
Teste conceitual	Grupos							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1			X					
2								
3								
4								
5								
6		X						
7		X						

Fonte: Elaborado pela autora.

No geral, as discussões iniciaram pela comparação das respostas. Do número total de grupos, apenas dois trios encontraram divergências em suas escolhas e, portanto, deram início às discussões, as quais estão representadas, em parte, nas figuras 9 e 10. Os demais grupos, apesar de terem indicado respostas incorretas, acabaram não efetuando as discussões por apresentarem unanimidade na escolha das alternativas.

Na figura 9, observa-se a discussão que os alunos do Grupo B realizaram sobre o sexto e o sétimo teste conceitual, os quais tratam sobre a “variação do volume de um recipiente contendo gás a uma temperatura constante” e a “expansão de um gás quando aquecido”, respectivamente.

Figura 10 – Discussão dos alunos do Grupo C sobre o primeiro teste conceitual da semana 4

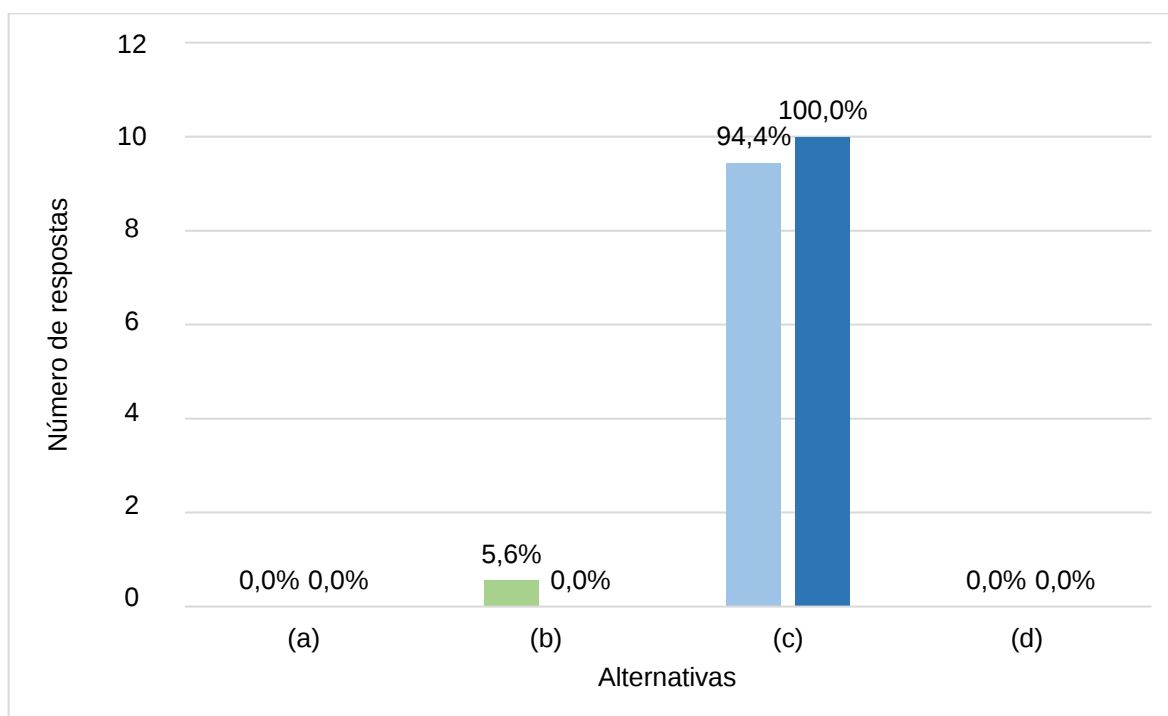


Fonte: Registrada pela autora.

Assim que os grupos concluíram as discussões, o *link* do segundo formulário foi enviado e os alunos registraram suas respostas novamente. O desempenho dos 13 estudantes que responderam à segunda aplicação dos testes conceituais está representado nos gráficos abaixo.

No primeiro teste conceitual, 100% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, todos responderam corretamente, como é possível ver no gráfico 18.

Gráfico 18 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do primeiro teste conceitual da semana 4



1º Teste conceitual

Numa transformação isotérmica, de dada massa de um gás, a temperatura:

(a) aumenta;

(b) diminui;

(c) permanece constante;*

(d) varia de acordo com o volume.

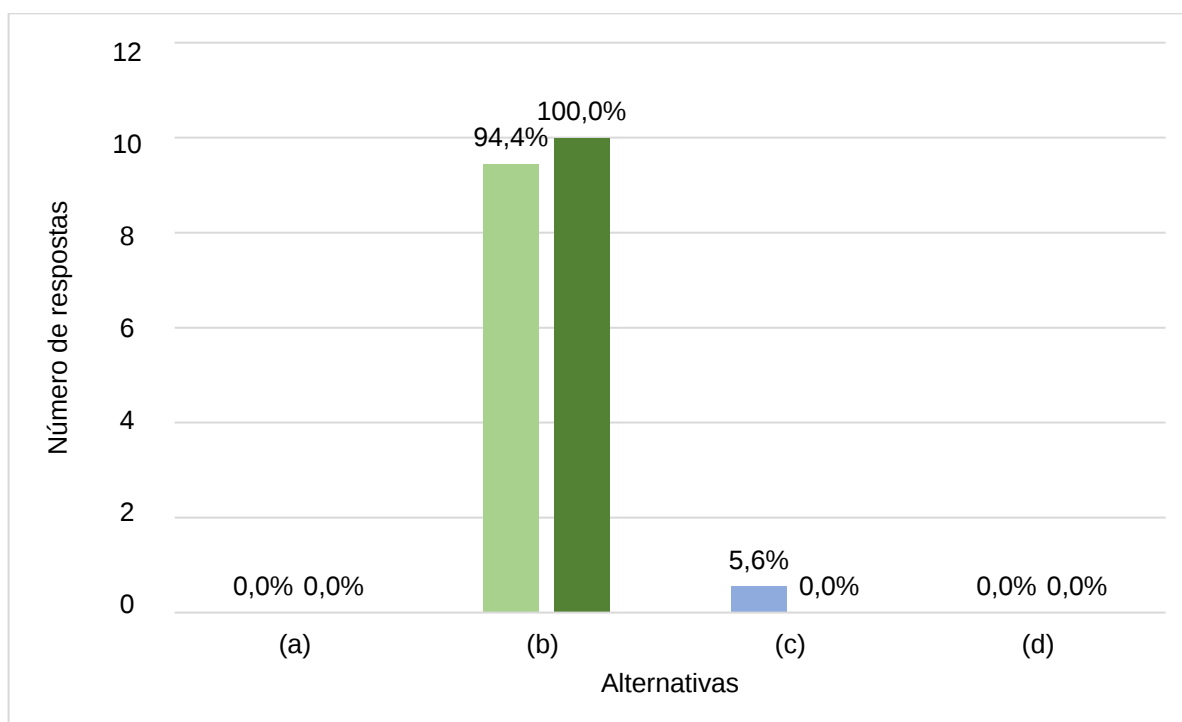
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do primeiro teste conceitual, obteve-se um aumento de 5,6% nas respostas corretas.

No segundo teste conceitual, 100% dos alunos escolheram a alternativa (b) e, portanto, todos responderam corretamente, conforme o gráfico 19.

Gráfico 19 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do segundo teste conceitual da semana 4



2º Teste conceitual	
A pressão numa transformação isobárica:	
(a) diminui;	
(b) permanece constante;*	
(c) aumenta;	
(d) varia com o passar do tempo.	
*resposta correta.	

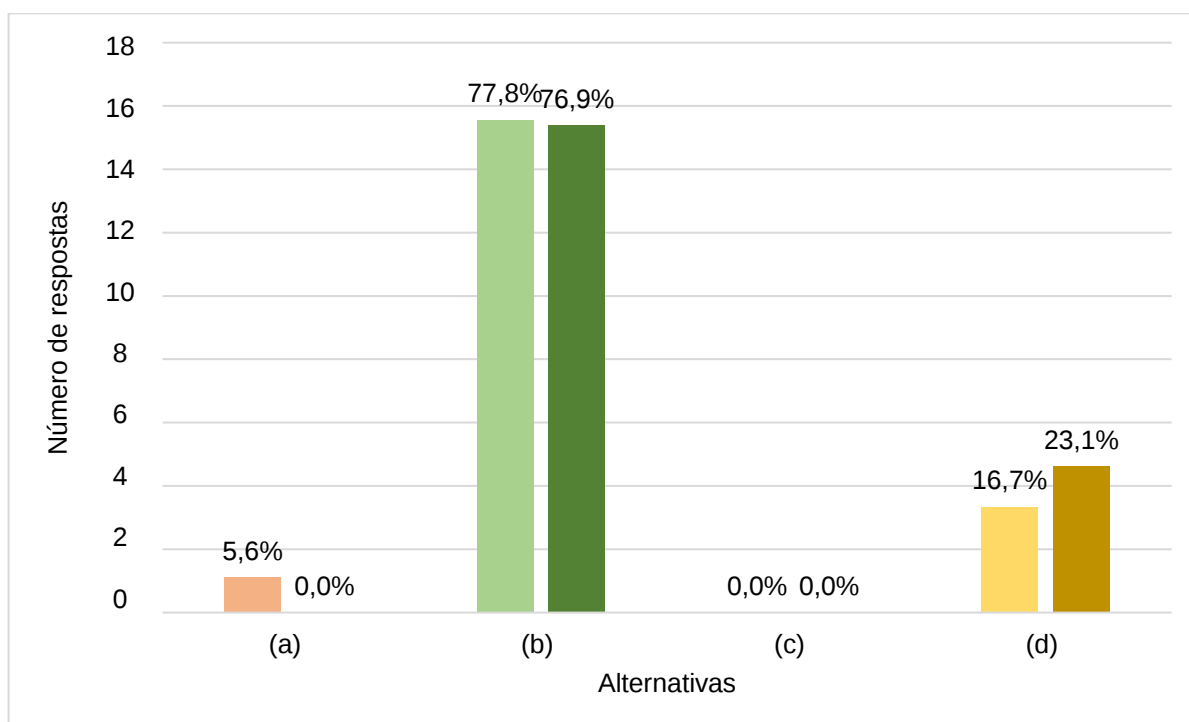
Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do segundo teste conceitual, obteve-se um aumento de 5,6% nas respostas corretas.

No terceiro teste conceitual, 100% dos alunos escolheram a alternativa (a) e, portanto, todos responderam corretamente. Logo, na aplicação final do terceiro teste conceitual, manteve-se 100% das respostas corretas.

No quarto teste conceitual, 76,9% dos alunos escolheram a alternativa (b) e, portanto, responderam corretamente. Já 23,1% dos alunos escolheram a alternativa (d) e nenhum dos alunos optou pelas alternativas (a) e (c), conforme o gráfico 20.

Gráfico 20 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do quarto teste conceitual da semana 4



4º Teste conceitual

Para aumentar a pressão que um gás exerce, devemos:

(a) aumentar sua temperatura e aumentar seu volume;

(b) aumentar sua temperatura e conservar seu volume;*

(c) diminuir sua temperatura e aumentar seu volume;

(d) diminuir sua temperatura e conservar seu volume.

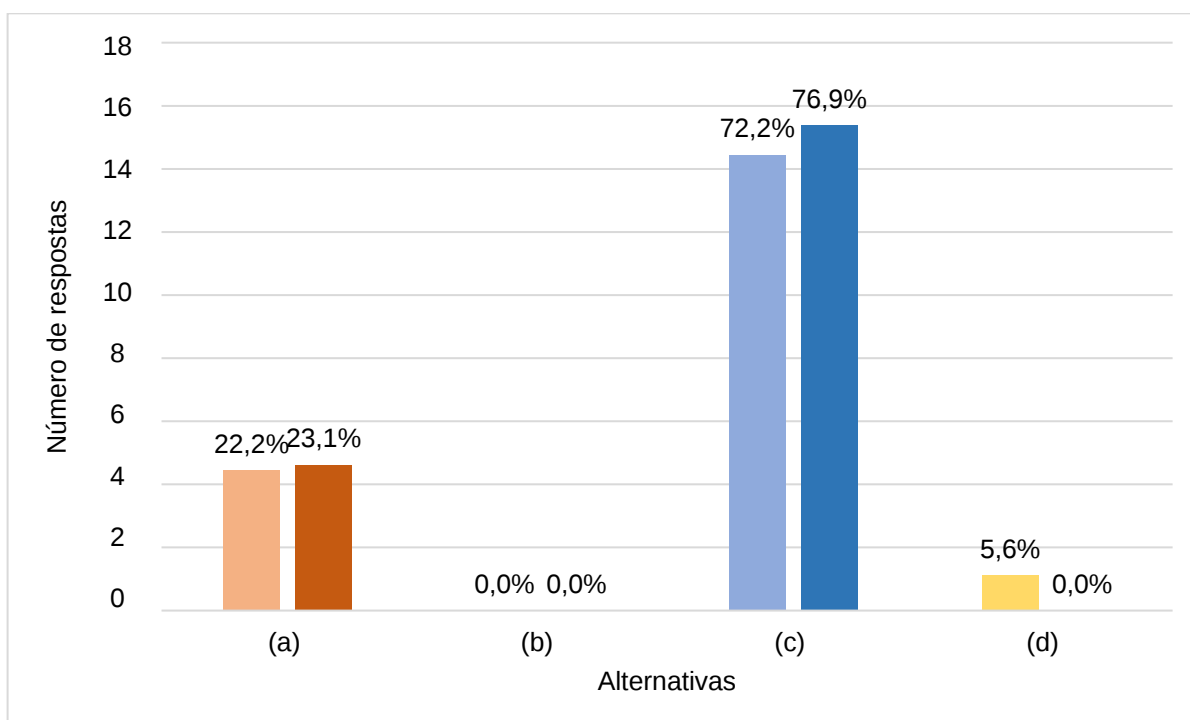
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do quarto teste conceitual, obteve-se uma redução de 0,9% das respostas corretas, porém, ainda assim as respostas corretas mantiveram-se acima de 70%. Com isso, não se fez necessária uma nova aplicação de testes conceituais.

No quinto teste conceitual, 76,9% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente. Já 23,1% dos alunos escolheram a alternativa (a) e nenhum dos alunos optou pelas alternativas (b) e (d), conforme o gráfico 21.

Gráfico 21 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do quinto teste conceitual da semana 4



5º Teste conceitual

Aquecendo-se um gás em recipiente fechado e indeformável, ele:

- (a) aumenta de volume e de pressão;
- (b) conserva o volume e a pressão;
- (c) conserva o volume e aumenta a pressão;***
- (d) aumenta de volume e diminui a pressão.

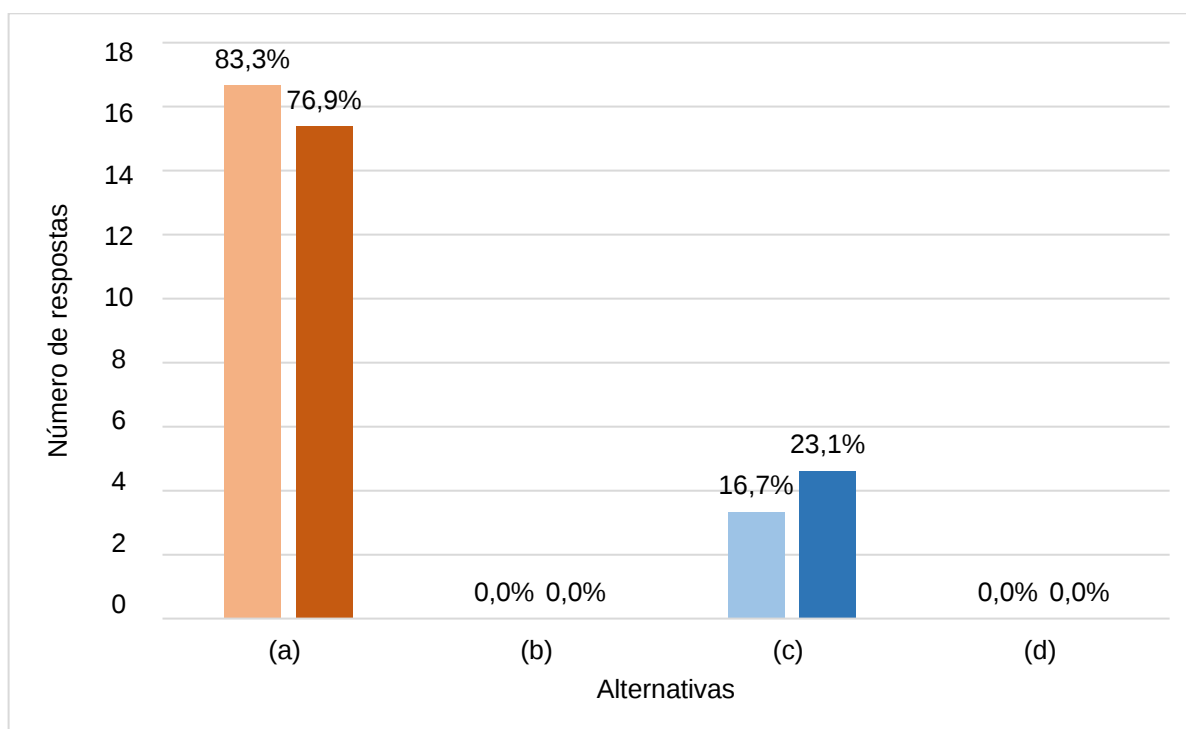
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do quinto teste conceitual, obteve-se um aumento de 4,7% das respostas corretas.

No sexto teste conceitual, 76,9% dos alunos escolheram a alternativa (a) e, portanto, responderam corretamente. Já 23,1% dos alunos escolheram a alternativa (c) e nenhum dos alunos optou pelas alternativas (b) e (d), conforme o gráfico 22.

Gráfico 22 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do sexto teste conceitual da semana 4



6º Teste conceitual

Se diminuirmos o volume de um recipiente fechado contendo gás e mantivermos constante a temperatura, a pressão do gás:

- (a) aumentará;***
- (b) diminuirá;
- (c) não sofrerá alteração;
- (d) dependendo do gás, aumentará ou diminuirá.

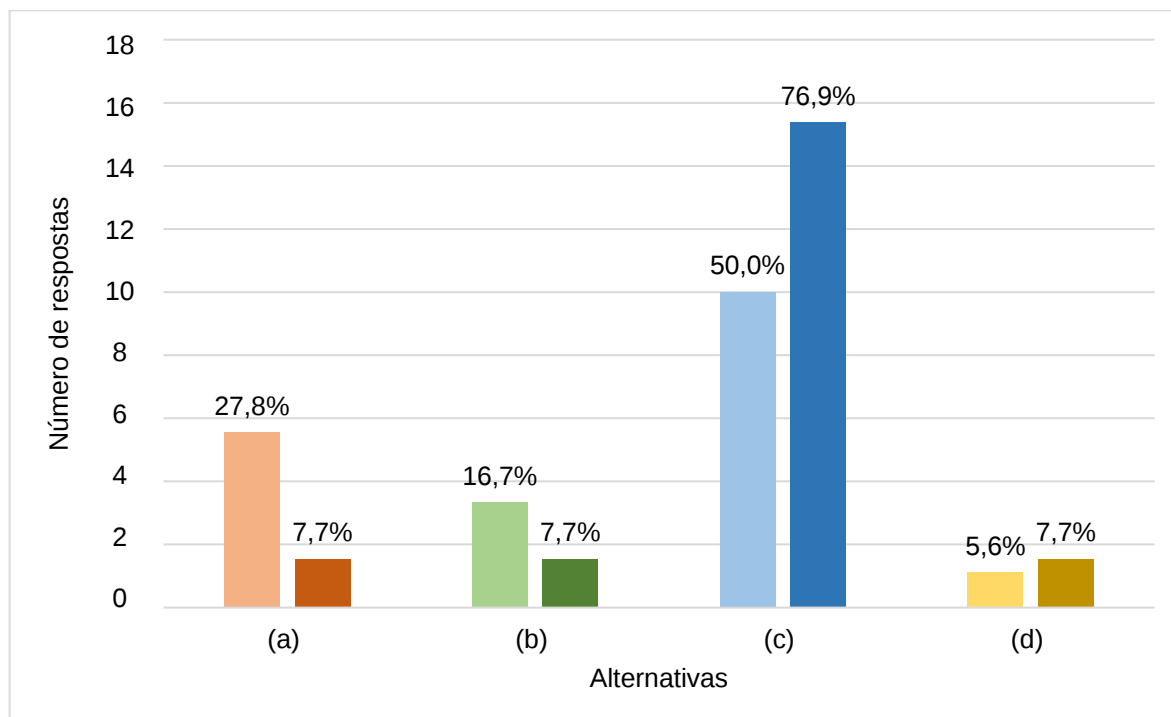
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do sexto teste conceitual, obteve-se uma redução de 6,4% das respostas corretas, porém, ainda assim as respostas corretas mantiveram-se acima de 70%. Com isso, não se fez necessária uma nova aplicação de testes conceituais.

No sétimo, e último, teste conceitual, 76,9% dos alunos escolheram a alternativa (c) e, portanto, responderam corretamente. Já 7,7% dos alunos escolheram a alternativa (a), 7,7% a alternativa (b) e 7,7% a alternativa (d), conforme o gráfico 23.

Gráfico 23 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) do sétimo teste conceitual da semana 4



7º Teste conceitual

Por que um gás se expande quando aquecido?

(a) as moléculas aumentam de tamanho;

(b) os gases não se expandem, eles se contraem quando aquecidos;

(c) as moléculas se movem mais rapidamente, o que causa mais pressão, e consequentemente expansão;*

(d) por que o gás aumenta de densidade.

*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, na aplicação final do sétimo teste conceitual, obteve-se um aumento de 26,9% das respostas corretas.

Após a segunda aplicação dos testes conceituais, todos eles mantiveram uma porcentagem de acerto superior a 70%, ou seja, os alunos continuaram apresentando um ótimo desempenho nos testes 1 a 6 e alcançaram o percentual desejado no teste 7, conforme a metodologia *Peer Instruction*. Por fim, considera-se que os alunos tenham se interessado e participado ativamente da atividade proposta, porém o engajamento decaiu em relação ao número de respondentes inicial (18) e final (13), reduzindo inclusive em relação ao número de participantes dos testes conceituais

anteriores (semana 2). Essa redução na participação dos alunos pode ser justificada pela não obrigatoriedade da sua presença nas aulas, devido à modalidade remota, bem como pela superficialidade do processo de avaliação, sendo este somente qualitativo e com consulta em todas as atividades.

Apesar de uma redução nas porcentagens de acerto do quarto e sexto teste conceitual, o valor de referência, que demonstra a compreensão dos assuntos pelos alunos, se manteve ótimo. (ARAUJO; MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015). Também é importante destacar que a discussão por pares nem sempre levou ao aumento do número de respostas corretas, apesar desta tendência ser esperada.

4.1.4 Resoluções das Listas de Exercícios

Nas semanas 3 e 5 foram aplicadas listas de exercícios com questões semelhantes aos exemplos desenvolvidos em aula, ou seja, situações-problema. Os exercícios estavam disponíveis no último slide da apresentação utilizada em aula e seu desenvolvimento foi apresentado pelos alunos à punho e entregue por foto, através da plataforma *WhatsApp*, dentro do prazo para envio, que era de até dois dias antes da próxima aula.

A lista de exercícios 1, da semana 3, era estruturada por questões que relacionavam as variáveis de estado do gás e a Equação de Clapeyron. A lista contava com as seguintes situações-problema:

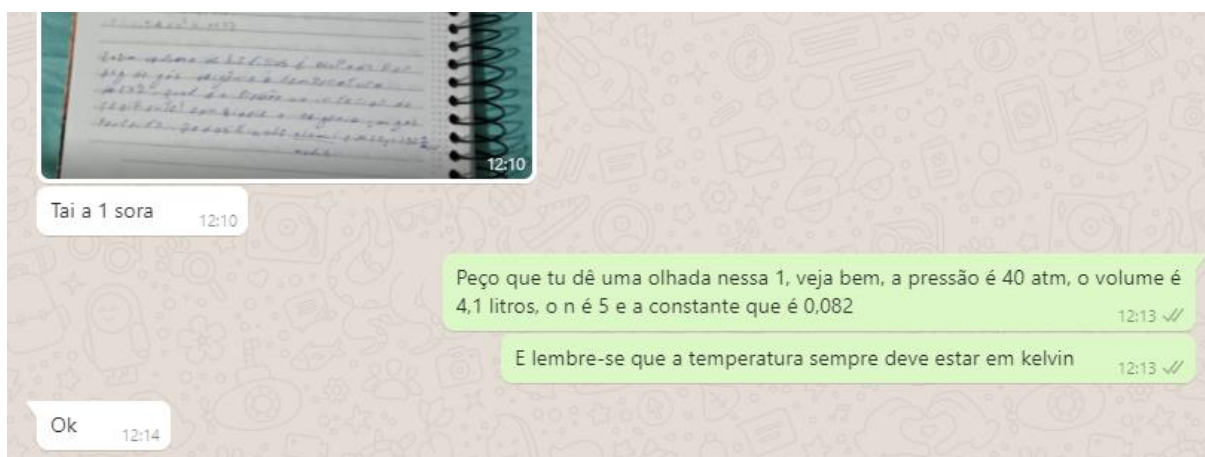
1. Um recipiente rígido de 4,1 litros é dotado de uma válvula de segurança, cuja abertura ocorre quando a pressão interna atinge 40 atm. Se o recipiente contém 5 mols de um gás perfeito, a máxima temperatura no seu interior é de quanto?
Dado: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$.
2. Um volume de 8,2 litros é ocupado por 64 g de gás oxigênio à temperatura de 27 °C. Qual é a pressão no interior do recipiente? Considere o oxigênio um gás perfeito. Dados: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$ e $M(O_2) = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Do total de 22 alunos, 12 responderam aos problemas da lista de exercícios. Das respostas, 8 estavam totalmente corretas e 4 necessitaram de alguma observação ou auxílio, como mostram as figuras abaixo.

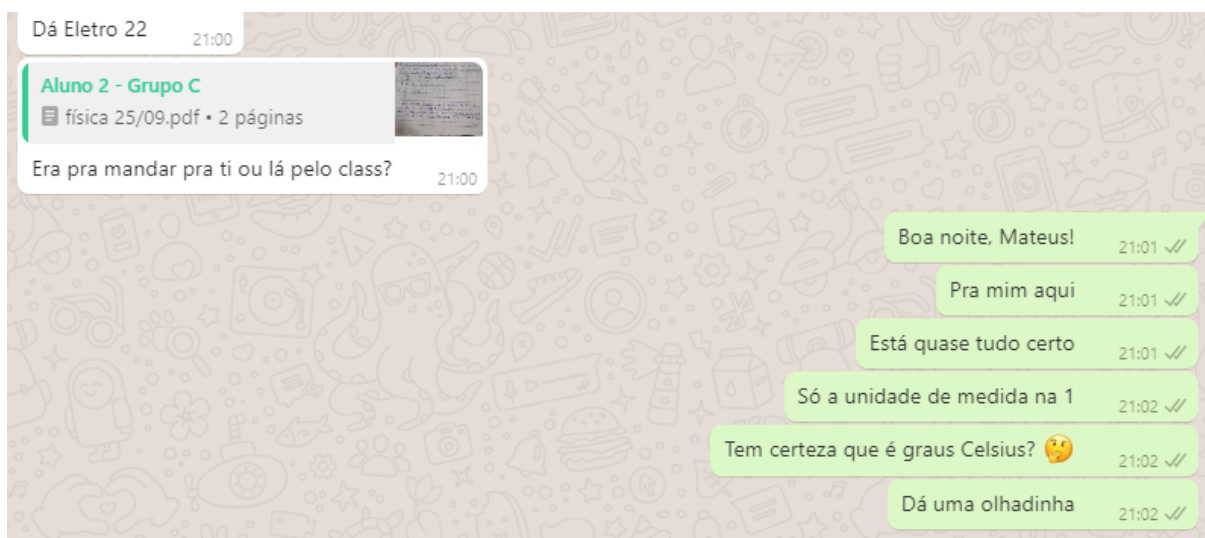
Na figura 11, pode-se ver que os alunos 8 (a) e 13 (b) receberam uma observação em relação à unidade de medida que estavam utilizando para expressarem suas respostas ao problema 1.

Figura 11 – Observação feita aos alunos (a) 8 e (b) 13 sobre a unidade de medida utilizada para expressarem suas respostas ao problema 1

(a)



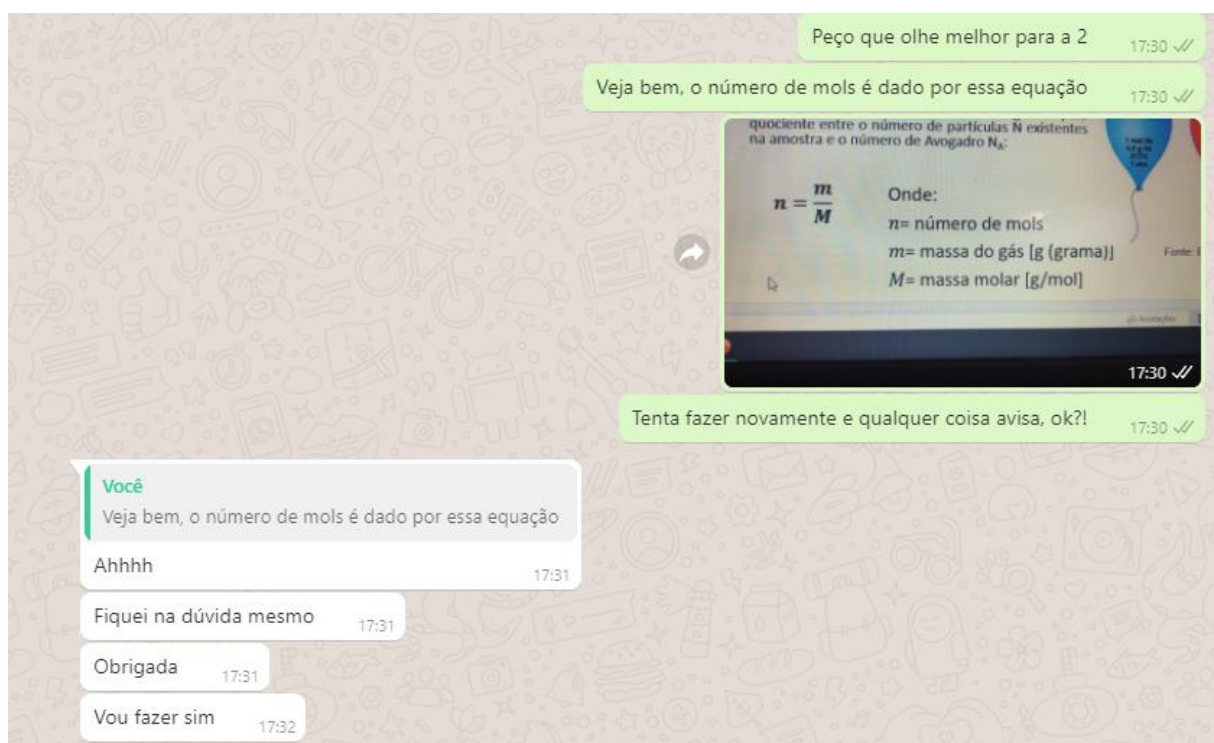
(b)



Fonte: Registrada pela autora.

Em relação ao problema 2, o aluno 12 necessitou de uma observação no cálculo do número de mols que havia feito, conforme a figura 12.

Figura 12 – Observação feita ao aluno 12 sobre o cálculo do número de mols no problema 2



Fonte: Registrada pela autora.

Além disso, ele precisou de auxílio para realizar a conversão na unidade de medida que estava utilizando para a temperatura, conforme a figura 13.

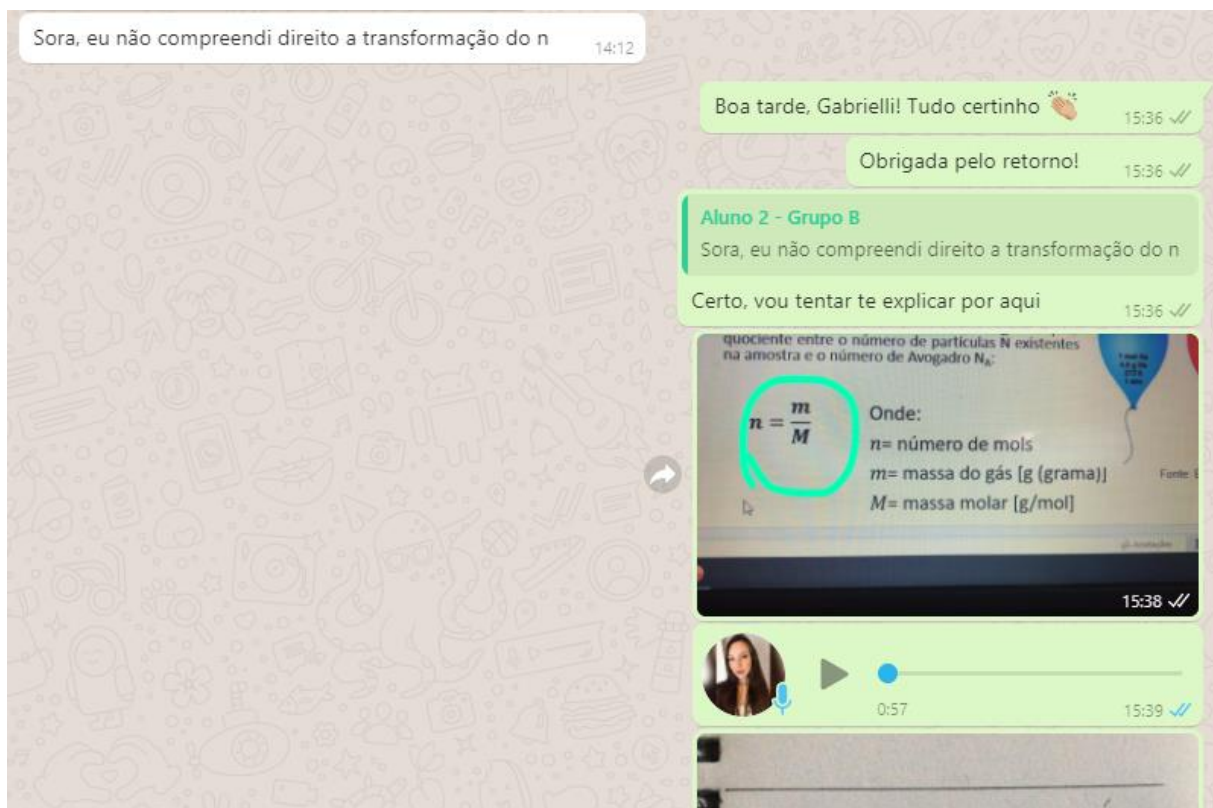
Figura 13 – Orientação dada ao aluno 12 sobre a conversão da unidade de medida de temperatura no problema 2



Fonte: Registrada pela autora.

Por fim, o aluno 3 pediu ajuda para compreender o cálculo do número de mols no problema 2. Com isso, foram enviadas fotos e áudios através da plataforma utilizada, o *WhatsApp*, a fim de auxiliá-lo, conforme a figura 14.

Figura 14 – Orientação dada ao aluno 3 para esclarecer o cálculo do número de mols no problema 2



Fonte: Registrada pela autora.

A lista de exercícios 2, da semana 5, era estruturada por questões que relacionavam as transformações gasosas isotérmica, isobárica e isovolumétrica, além da lei geral dos gases ideais. A lista contava com as seguintes situações-problema:

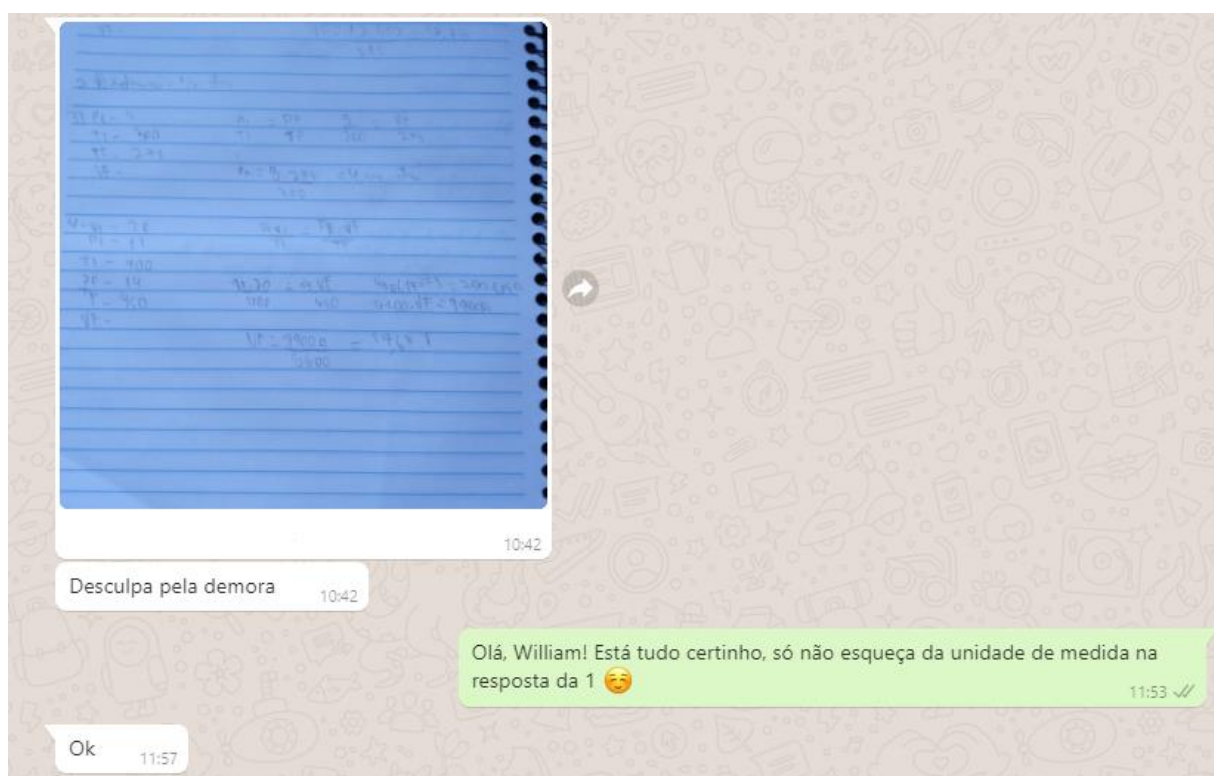
1. Em um recipiente fechado, certa massa de gás ideal ocupa um volume de 12 litros a 293 K. Se este gás for aquecido até 302 K, sob pressão constante, seu volume será de quanto?
2. Um carro-tanque transportou gás cloro para uma estação de tratamento de água. Sabe-se que o volume do tanque que continha gás cloro era de $3 \cdot 10^4$ litros, que a temperatura era mantida a 20 °C para a pressão ser de 2 atm e que, na estação de tratamento de água, esse cloro foi transferido para um reservatório de $5 \cdot 10^4$ litros mantido a 293 K. Ao passar do carro-tanque para o reservatório, o gás sofreu uma transformação.....e a pressão do reservatório era..... As lacunas são completamente preenchidas, respectivamente, com os dados:
a) isotérmica, 1,2 atm;

- b) isométrica, 117 atm;
 - c) isobárica, 2 atm;
 - d) isocórica, 2 atm;
 - e) isovolumétrica, 1,2 atm.
3. Um gás no estado inicial apresenta volume de 14 L, pressão de 5 atm e temperatura de 300 K. Qual será a pressão do gás no estado final se o volume permanecer igual a 14 L, mas a temperatura passar para 273 K?
4. Determinada massa de gás, em seu estado inicial, ocupa um volume de 20 L, sob pressão de 11 atm e temperatura de 400 K. Ao passar por uma transformação, sob pressão de 14 atm e temperatura de 450 K, o gás passa a ocupar um volume de quanto?

Do total de 22 alunos, 9 responderam aos problemas da lista de exercícios. Das respostas, 7 estavam totalmente corretas e 2 necessitaram de alguma observação ou auxílio, como mostram as figuras abaixo.

Na figura 15, pode-se ver que o aluno 6 recebeu uma observação em relação a utilização da unidade de medida em sua resposta no problema 1.

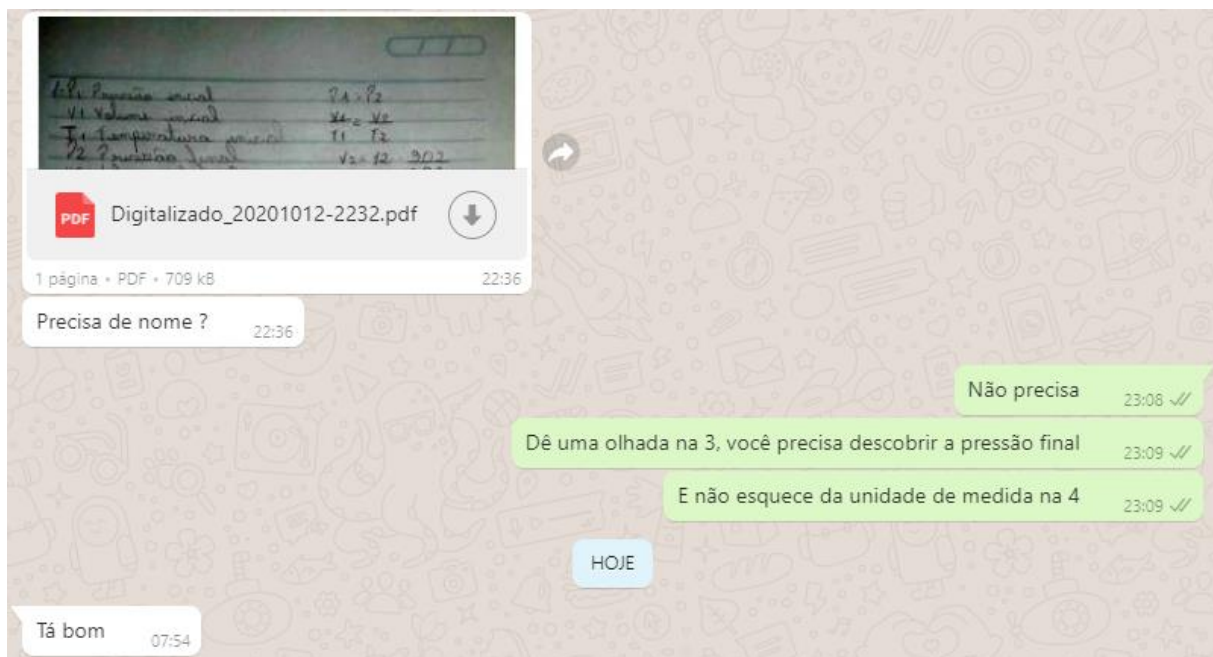
Figura 15 – Observação feita ao aluno 6 sobre a utilização da unidade de medida na resposta do problema 1



Fonte: Registrada pela autora.

O aluno 11 precisou de duas observações, nos problemas 3 e 4. O primeiro em relação a sua resolução incorreta e o segundo por não utilizar a unidade de medida em sua resposta final, conforme a figura 16.

Figura 16 – Observações feitas ao aluno 11 em relação aos problemas 3 e 4



Fonte: Registrada pela autora.

Pode-se concluir que dentre os alunos que fizeram as listas de exercícios, eles procuraram a professora para dirimir suas dúvidas em relação às situações-problema disponibilizadas e, portanto, demonstraram através de suas participações o interesse na atividade. Porém, considerando que, em média, 50% da turma entregou as atividades, é possível constatar que as tarefas relacionadas à parte conceitual dos conteúdos despertaram mais o interesse dos estudantes visto que participaram desta modalidade, em média, 76%. Tal fato pode estar associado com a falta de interesse desenvolvida pelo ensino tradicional, já que, nessa perspectiva, a aprendizagem ocorre de forma mecânica, baseada na memorização e aplicação de equações. (MOTA; ROSA, 2018).

4.2 AVALIAÇÕES

Nesse subcapítulo, serão apresentados os aspectos avaliativos, que incluem a análise do desempenho dos alunos nos testes inicial e final, no desenvolvimento do roteiro experimental e no trabalho avaliativo, a autoavaliação, as considerações finais dos alunos e do professor titular sobre o projeto aplicado, realizando a devida discussão sob a perspectiva dos referenciais teórico e metodológico apresentados no capítulo 2 deste trabalho.

4.2.1 Teste Inicial e Final

Os testes inicial e final foram aplicados na primeira semana e na última semana de aula, respectivamente, igualmente estruturados por dez questões conceituais e de múltipla escolha, sobre os assuntos estudados, através da plataforma *Google Forms*. O teste inicial serviu para reconhecer os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos assuntos estudados nas aulas seguintes e o teste final serviu para avaliar a aprendizagem dos alunos, além de contabilizarem para os cálculos do ganho de Hake.

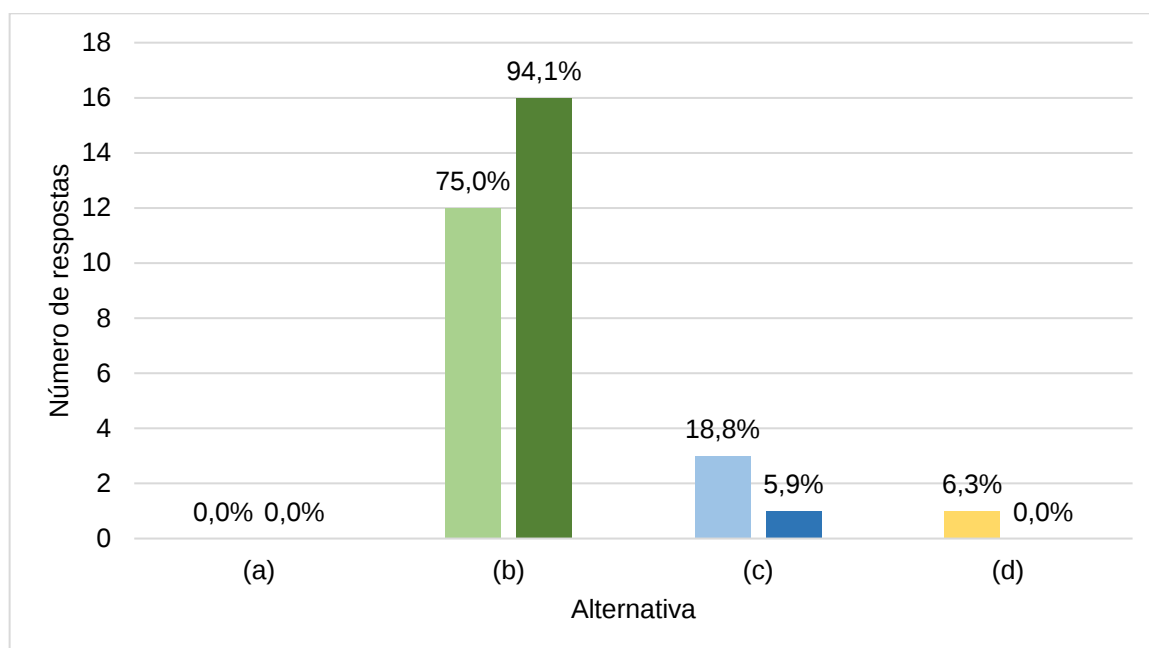
4.2.1.1 Os Testes como Sondagem Inicial e Avaliação da Aprendizagem dos Alunos

O teste inicial proporcionou o reconhecimento dos conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conteúdos estudados nas aulas do projeto e, portanto, não foi incluído na avaliação escolar. Já o teste final serviu como avaliação da aprendizagem dos alunos e seus resultados foram comunicados a eles e ao professor titular para inclusão na referida avaliação escolar trimestral. Apesar da escola, na modalidade remota de ensino, estar efetuando uma avaliação de caráter prioritariamente qualitativo, julgou-se necessário a atribuição de pontuação (10 pontos) para realizar a avaliação dos estudantes durante o projeto e para estimar o ganho de Hake. Do total de 22 alunos, 16 responderam à primeira aplicação e 17 à segunda aplicação. As comparações do desempenho da turma entre a primeira e a segunda aplicação dos testes constam nos gráficos 24 a 33.

A primeira questão conceitual questionava os alunos sobre o que acontece com o volume de um balão cheio quando é posto no freezer e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 24.

De acordo com o gráfico 24, nenhum aluno optou pela alternativa (a) em nenhuma das duas aplicações. A alternativa (c) contou com um decréscimo de 12,9%, da primeira para a segunda aplicação, nas escolhas dos alunos. Enquanto na primeira aplicação 6,3% dos alunos elegeram a alternativa (d), na segunda aplicação nenhum aluno selecionou essa alternativa. Por fim, a resposta correta, a alternativa (b), obteve um aumento de 19,1% na segunda aplicação.

Gráfico 24 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da primeira questão conceitual



1ª questão conceitual

O que acontece com o volume de um balão cheio se você o colocar no freezer?

(a) ele aumenta;

(b) ele diminui;*

(c) ele não muda;

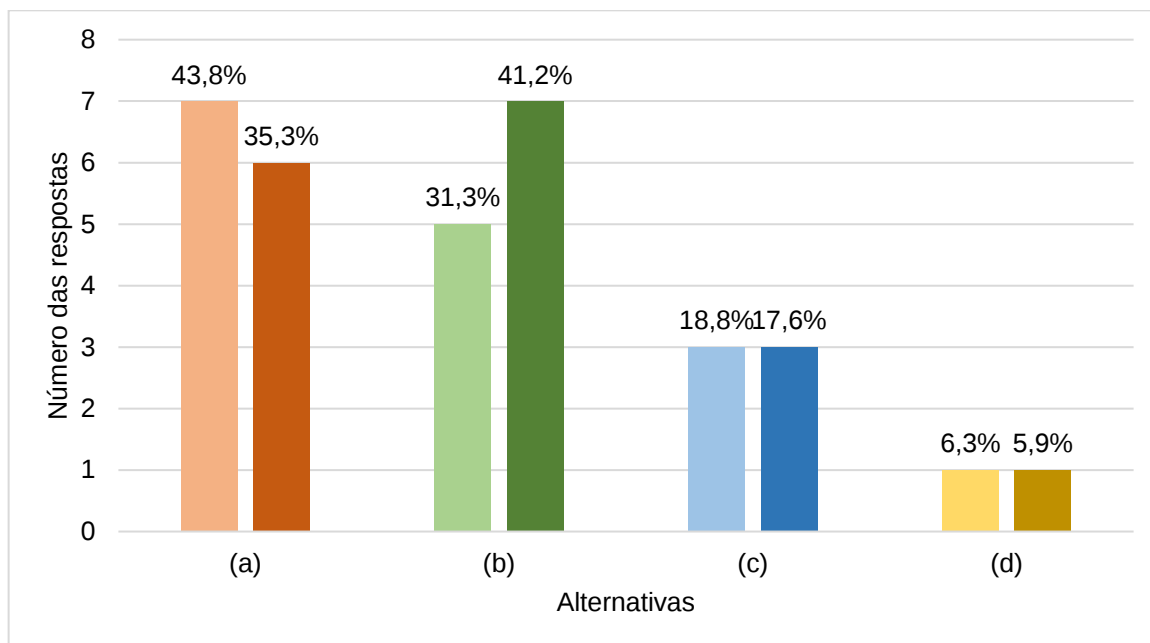
(d) depende do balão.

*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

A segunda questão conceitual questionava os alunos sobre o que acontece com a pressão do ar contido em um pote hermeticamente fechado se fosse colocado no freezer e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 25.

Gráfico 25 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da segunda questão conceitual



2ª questão conceitual

O que acontece com a pressão do ar contido em um pote hermeticamente fechado, como um frasco de conserva, se você o colocar no freezer?

(a) ela aumenta;

(b) ela diminui;*

(c) ela não muda;

(d) depende do gás.

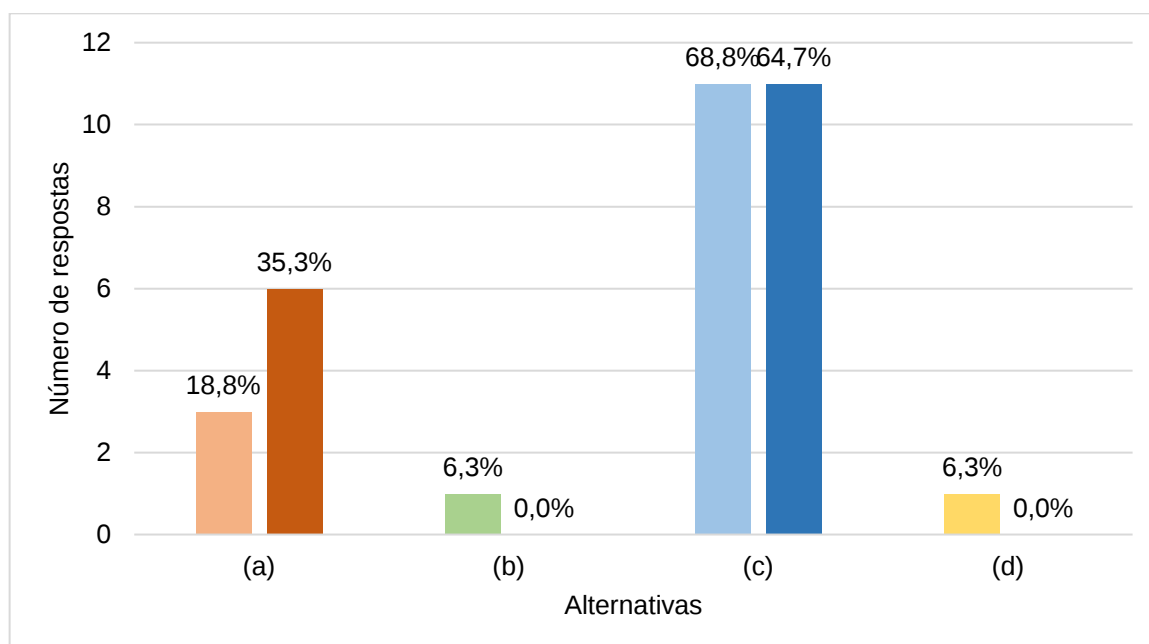
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode-se ver no gráfico 25, a alternativa (a) sofreu uma redução, da primeira para a segunda aplicação, de 8,5% nas escolhas pelos alunos, a alternativa (c) contou com um decréscimo de 1,2% e a alternativa (d) diminuiu em 0,4%. Por fim, a resposta correta, a alternativa (b), obteve um aumento de 9,9% na segunda aplicação.

A terceira questão conceitual questionava os alunos sobre o que acontece com a pressão interna dos pneus de um carro após rodar alguns quilômetros ou em dias quentes e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 26.

Gráfico 26 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da terceira questão conceitual



3ª questão conceitual

Você diria que, nos dias quentes, ou após rodar alguns quilômetros, a pressão interna dos pneus de um carro:

- (a) diminui;
- (b) não se altera;
- (c) aumenta;***
- (d) é sempre igual à pressão exterior.

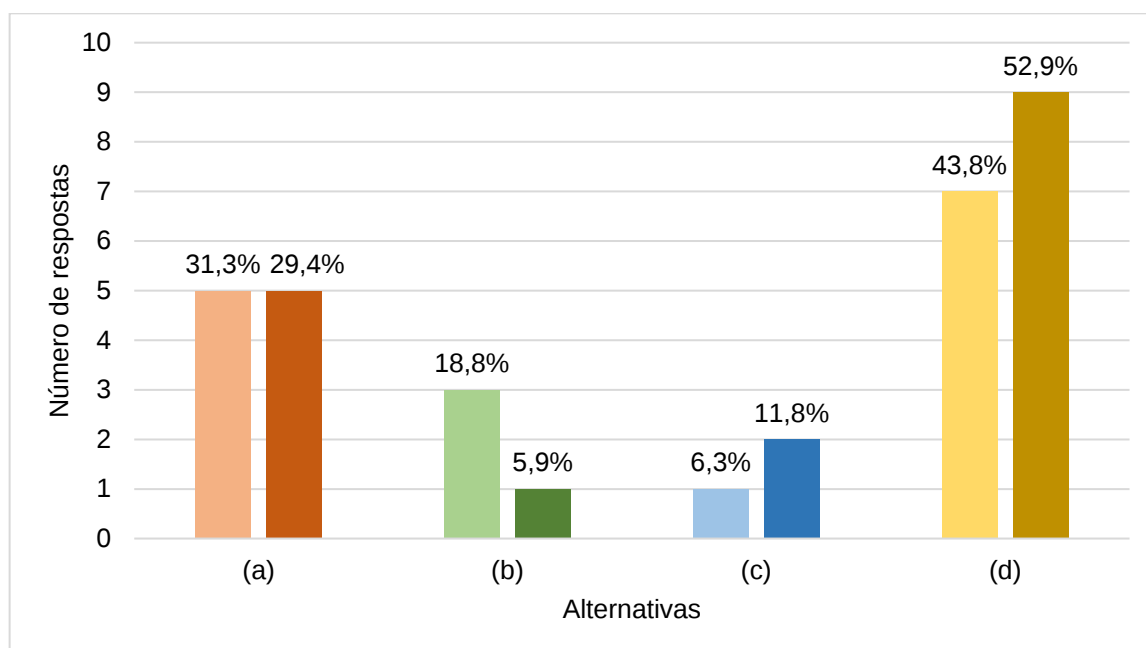
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme o gráfico 26, a alternativa (a) contou com um aumento, da primeira para a segunda aplicação, de 16,5% nas escolhas pelos alunos. Enquanto na primeira aplicação 6,3% dos alunos optaram pela alternativa (b) e (d), na segunda aplicação nenhum aluno selecionou essas alternativas. Por fim, a resposta correta, a alternativa (c), obteve uma redução de 4,1% na segunda aplicação.

A quarta questão conceitual relacionava a subida de um balão de aniversário, cheio de gás hélio, com o conteúdo e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 27.

Gráfico 27 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da quarta questão conceitual



4ª questão conceitual

Um balão de aniversário, cheio de gás hélio, é largado da superfície da Terra, subindo até a altitude de 5000 m. Durante a subida, podemos afirmar que:

- (a) o volume do balão diminui;
- (b) o volume do balão permanece igual;
- (c) a temperatura do balão aumenta;

(d) o volume do balão aumenta.*

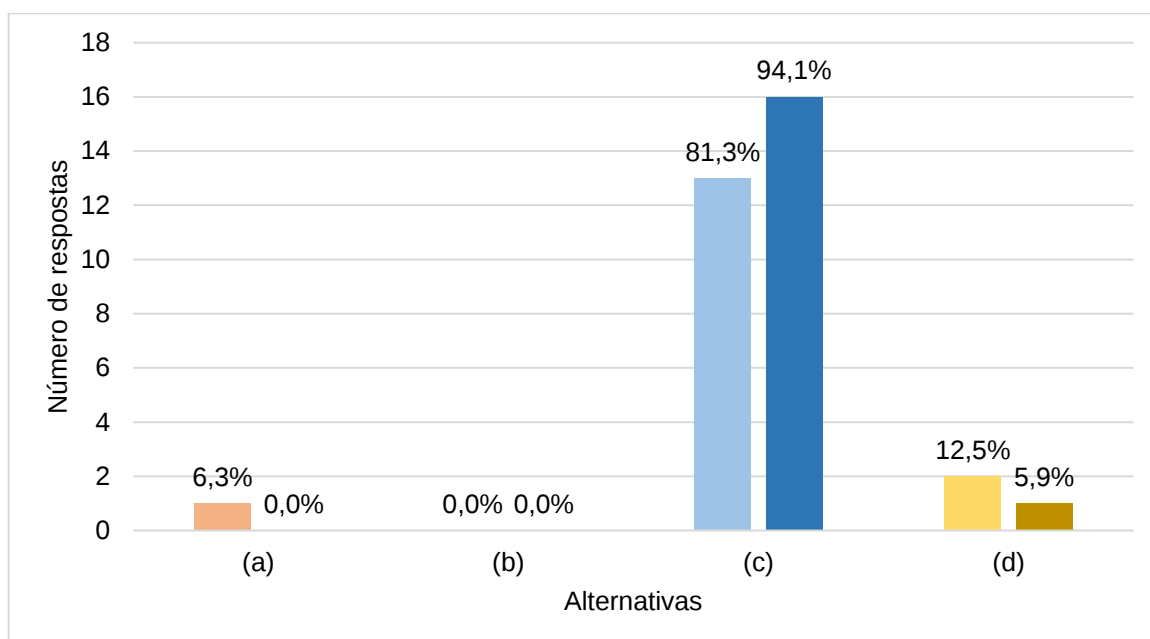
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo o gráfico 27, a alternativa (a) obteve um decréscimo, da primeira para a segunda aplicação, de 1,9% nas escolhas pelos alunos, a alternativa (b) uma redução de 12,9% e a alternativa (c) aumentou em 5,5%. Por fim, a resposta correta, a alternativa (d), obteve um acréscimo de 9,1% na segunda aplicação.

A quinta questão conceitual comparava o volume dos gases com a capacidade de adaptação dos gatos e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 28.

Gráfico 28 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da quinta questão conceitual



5ª questão conceitual

Segundo a figura abaixo, em tom de brincadeira com os nossos amigos felinos, o volume dos gases pode ser comparado aos gatos, pois:



Fonte: Kuadro (2019).

- (a) o volume dos gases tem forma própria;
- (b) o volume dos gases é sempre constante;
- (c) o volume dos gases corresponde ao volume do recipiente ocupado por ele, assim como aparentam os gatos;***
- (d) o volume dos gases varia conforme o tipo de gás.

*resposta correta.

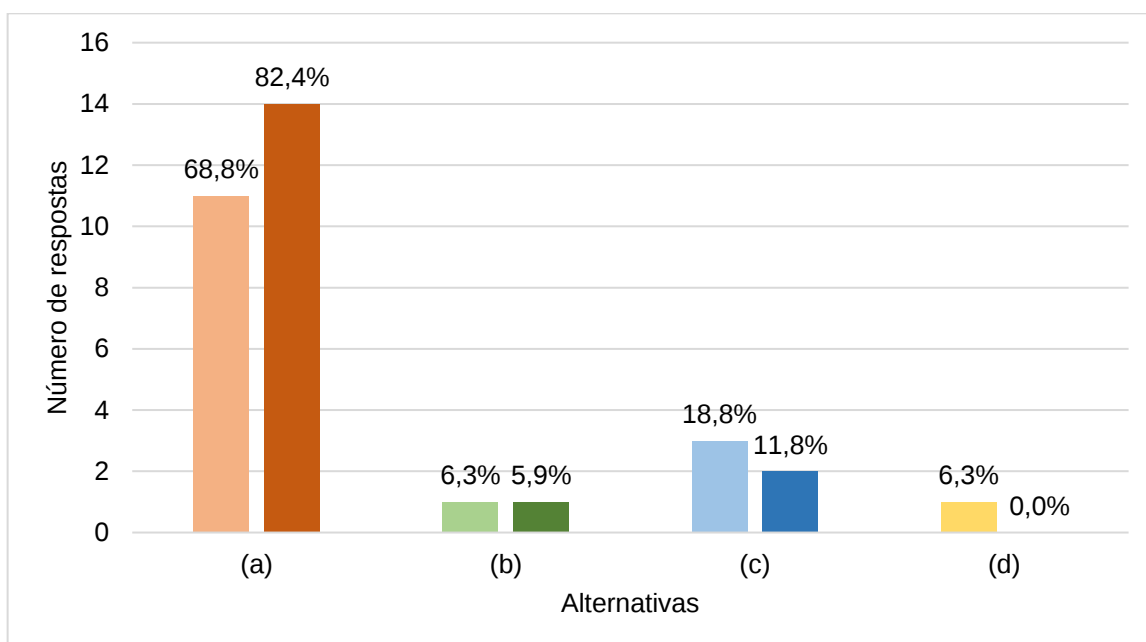
Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode-se ver no gráfico 28, enquanto na primeira aplicação, a alternativa (a) obteve 6,3% das escolhas dos alunos, na segunda aplicação nenhum aluno optou por essa alternativa. Tanto na primeira quanto na segunda aplicação, a alternativa (b) não foi selecionada e a alternativa (d) obteve um decréscimo de 6,6%. Por fim, a resposta correta, a alternativa (c), obteve um acréscimo de 12,8% na segunda aplicação.

A sexta questão conceitual comparava a pressão de dois cilindros idênticos à mesma temperatura, contendo o mesmo gás, e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 29.

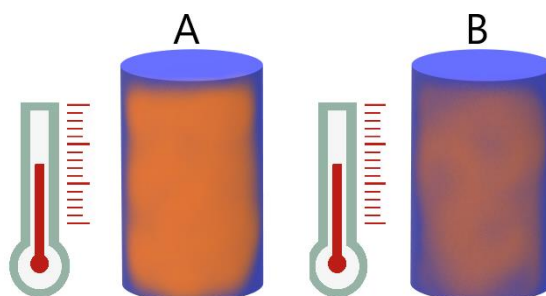
De acordo com o gráfico 29, da primeira para a segunda aplicação, a alternativa (b) contou com uma redução de 0,4% das escolhas dos alunos e a alternativa (c) diminuiu em 7%. Enquanto na primeira aplicação, a alternativa (d) obteve 6,3% das seleções pelos alunos, na segunda aplicação nenhum aluno optou por essa alternativa. Por fim, a resposta correta, a alternativa (a), obteve um acréscimo de 13,6% na segunda aplicação.

Gráfico 29 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da sexta questão conceitual



6ª questão conceitual

Dois cilindros idênticos à mesma temperatura contêm o mesmo gás. Se A contém três vezes mais gás que B, qual cilindro tem a pressão mais elevada?



Fonte: Elaborada pela autora.

(a) cilindro A;*

(b) cilindro B;

(c) ambos têm a mesma pressão;

(d) depende da temperatura.

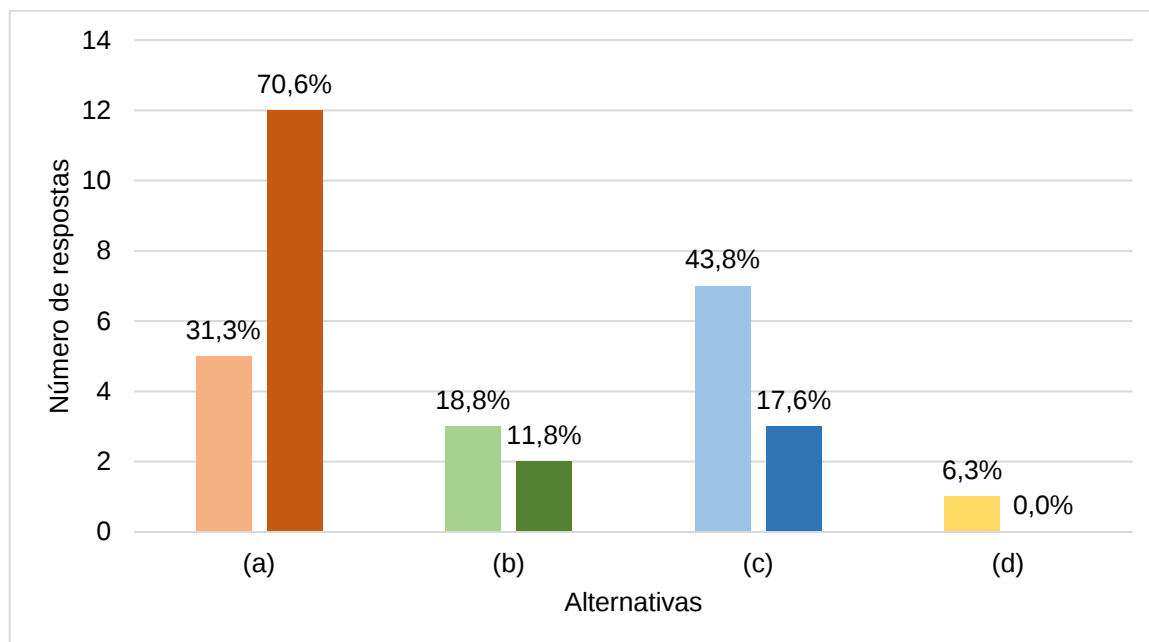
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

A sétima questão conceitual comparava a temperatura de dois cilindros idênticos à mesma pressão, contendo o mesmo gás, e apresentava quatro alternativas

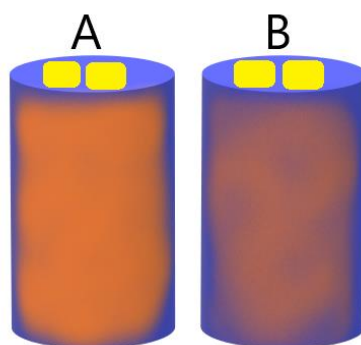
como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 30.

Gráfico 30 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da sétima questão conceitual



7ª questão conceitual

Dois cilindros idênticos à mesma pressão contêm o mesmo gás. Se A contém três vezes mais gás que B, qual cilindro tem a temperatura mais alta?



Fonte: Elaborada pela autora.

(a) cilindro A;

(b) cilindro B;*

(c) ambos têm a mesma temperatura;

(d) depende da pressão.

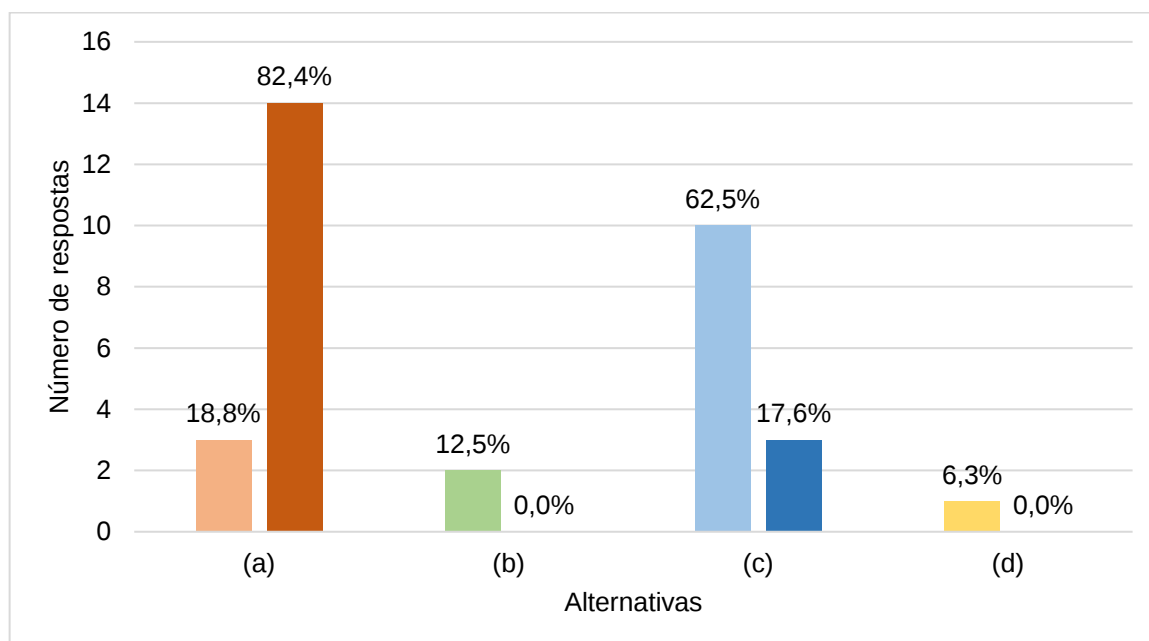
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo o gráfico 30, da primeira para a segunda aplicação, a alternativa (a) contou com um aumento de 39,3% das escolhas dos alunos e a alternativa (c) diminuiu em 26,2%. Enquanto na primeira aplicação, a alternativa (d) obteve 6,3% das seleções pelos alunos, na segunda aplicação nenhum aluno optou por essa alternativa. Por fim, a resposta correta, a alternativa (b), obteve um decréscimo de 7% na segunda aplicação.

A oitava questão perguntava o que aconteceria com o volume do gás ao comprimi-lo dentro de uma seringa, fechando suas saídas, e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 31.

Gráfico 31 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da oitava questão conceitual



8ª questão conceitual

Ao comprimir, lentamente, o ar dentro de uma seringa fechando suas saídas, de modo que sua temperatura permaneça constante, o que acontece com o volume deste gás?

(a) diminui;*

(b) aumenta;

(c) permanece constante;

(d) depende do gás.

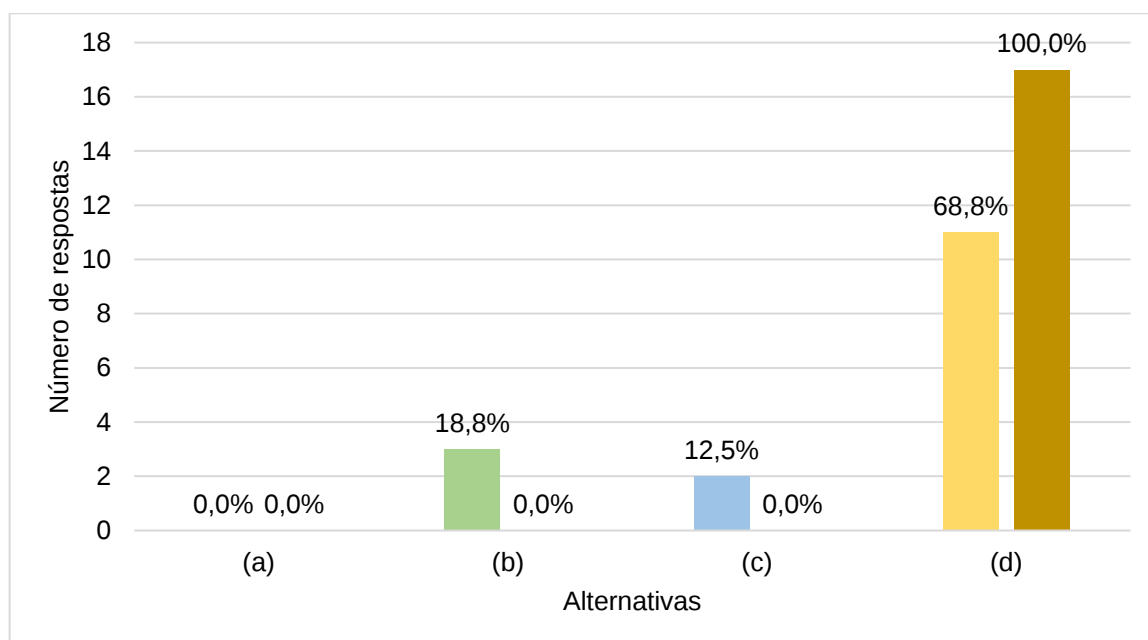
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode-se ver no gráfico 31, enquanto na primeira aplicação, as alternativas (b) e (d) obtiveram, respectivamente, 12,5% e 6,3% das seleções pelos alunos, na segunda aplicação nenhum aluno optou por essas alternativas. A alternativa (c) contou com uma redução de 44,9% das escolhas dos alunos. Por fim, a resposta correta, a alternativa (a), obteve um acréscimo de 63,6% na segunda aplicação.

A penúltima questão perguntava sobre o conceito físico de temperatura e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 32.

Gráfico 32 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da nona questão conceitual



9ª questão conceitual

A temperatura é uma grandeza física que mede:

- (a) volume;
- (b) calor;
- (c) pressão;
- (d) grau de agitação das moléculas.***

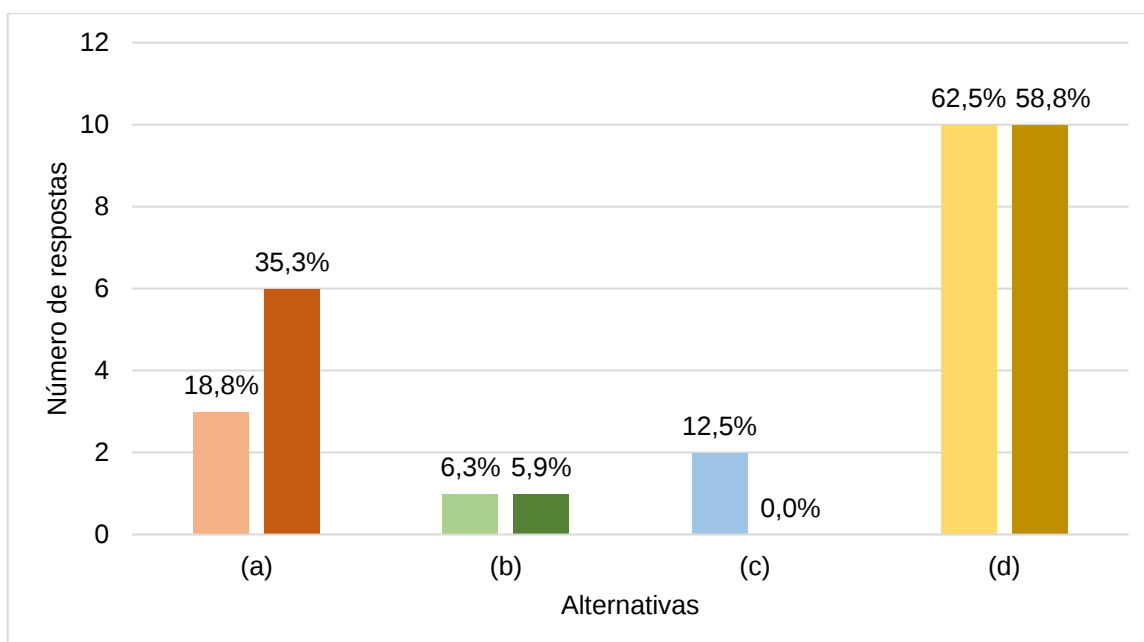
*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme o gráfico 32, nenhum aluno escolheu a alternativa (a) em nenhuma das duas aplicações. Enquanto na primeira aplicação, as alternativas (b) e (c) obtiveram, respectivamente, 18,8% e 12,5% das seleções pelos alunos, na segunda aplicação nenhum aluno optou por essas alternativas. Por fim, a resposta correta, a alternativa (d), obteve um acréscimo de 31,2% na segunda aplicação e, portanto, atingiu 100% das respostas certas.

A última questão perguntava sobre o conceito físico de pressão e apresentava quatro alternativas como resposta, de (a) a (d). O desempenho dos alunos nas aplicações está representado no gráfico 33.

Gráfico 33 – Comparativo do desempenho dos alunos na aplicação dos testes inicial (coluna da esquerda) e final (coluna da direita) da décima questão conceitual



10ª questão conceitual

A pressão de um gás se caracteriza como:

- (a) a força aplicada sobre o gás;
- (b) o choque entre as moléculas do gás;
- (c) a diferença de temperatura que o gás pode sofrer;
- (d) o choque das moléculas do gás contra as paredes do recipiente que o contém.***

*resposta correta.

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com o gráfico 33, da primeira para a segunda aplicação, a alternativa (a) sofreu um aumento de 16,5% das seleções dos alunos, a alternativa (b) obteve uma redução de 0,4%. Enquanto na primeira aplicação, a alternativa (c) teve 12,5% das escolhas pelos alunos, na segunda aplicação nenhum aluno optou por essa alternativa. Por fim, a resposta correta, a alternativa (d), diminuiu em 3,7% na segunda aplicação.

A maioria dos testes apresentaram uma boa porcentagem de acerto já na primeira aplicação, demonstrando que os alunos obtinham algum conhecimento prévio sobre o assunto que seria estudado nas aulas seguintes. Em relação ao teste final como avaliação da aprendizagem dos alunos, foi calculada a média das notas, utilizando a seguinte equação:

$$M = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_n}{N}$$

onde M significa a média das pontuações, A_n a pontuação total de cada um dos alunos e N o número total de alunos que entregaram a atividade. Portanto, substituindo os respectivos valores na equação acima, obtém-se a média de, aproximadamente, 6,82 pontos de um total de 10 pontos no teste final.

Considerando que cerca de 77,3% dos alunos responderam e entregaram a atividade, o valor obtido calculando a média da pontuação no teste final foi razoável. Portanto, as pontuações demonstram uma compreensão mediana da abordagem qualitativa do conteúdo.

4.2.1.2 Cálculo do Ganho de Hake para Avaliação da Metodologia

Além de servir como avaliação para os alunos, o teste final foi contabilizado na equação do ganho de Hake, bem como o teste inicial aplicado na primeira semana de aula. A equação utilizada para o cálculo, apresentada na subseção 2.2.3.1 deste trabalho, é a seguinte:

$$g = \frac{\%pós - \%pré}{100 - \%pré},$$

onde g significa o ganho de Hake, $\%pós$ é o percentual de acertos no pós-teste e $\%pré$ é o percentual de acertos no pré-teste. No cálculo do ganho normalizado, dado pela equação acima, quanto mais elevado o valor de g , maior será o grau de aprendizagem do grupo e, portanto, os valores menores ou iguais a 0 representam que não houve ganho de aprendizagem.

Realizando o cálculo do ganho de Hake conforme a sua equação, considerando o número de alunos que fizeram o pré e pós-teste, bem como as porcentagens de acertos equivalentes, obtém-se o resultado apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Dados comparativos do ganho de Hake para a turma na qual foi aplicada a metodologia *Peer Instruction* (o número máximo de acertos era 10)

Dados	Valores
Número de alunos que fizeram o pré-teste	16
Número de alunos que fizeram o pós-teste	17
Porcentagem de acertos no pré-teste	53,75%
Porcentagem de acertos no pós-teste	68,24%
Ganho de Hake	0,31

Fonte: Elaborada pela autora.

Ainda de acordo com Hake (1998, p. 65), existem três faixas de ganho normalizado: a faixa de ganho baixo, representada por valores de g menores do que 0,30; a faixa de ganho médio, representada por valores de g entre 0,30 e 0,70; e, por fim, a faixa de ganho alto, representada por valores iguais ou maiores que 0,70. Portanto, os resultados da pesquisa, utilizando essa classificação, apontam que a turma de aplicação obteve um ganho médio, já que g ficou igual a 0,31. Porém, de acordo com Mazur (2015), no caso de turmas que adotam a metodologia *Peer Instruction*, é esperado um g maior do que 0,36. A turma na qual foi aplicada a metodologia de ensino apresentou um resultado próximo do esperado em um processo de aprendizagem ativa e, apesar do valor de g situar-se num patamar inferior ao esperado, o mesmo indica que houve algum ganho de aprendizagem.

Alguns fatores, como o ensino remoto, a realização das discussões por pares de forma virtual, a não obrigatoriedade de participação das aulas e a avaliação escolar predominantemente qualitativa, podem ter influenciado no resultado. Contudo, o desafio de encarar uma metodologia de ensino diferente acabou motivando os alunos para a aprendizagem, forçando-os a se distanciarem de seus costumes, ou seja, de um ensino totalmente tradicional, já que precisaram dar maior enfoque a aspectos conceituais, que não eram o centro de seus estudos, e a se dedicarem de uma forma ativa no processo de aprendizagem.

4.2.2 Análises Experimentais

Após a aula da semana 4, foi aplicado o roteiro das demonstrações experimentais, no qual constavam instruções para os alunos assistirem aos vídeos que apresentavam experimentos sobre o assunto estudado, as transformações gasosas, e, além disso, alguns questionamentos relacionados aos mesmos. Por fim, solicitava uma atividade prática, na qual os alunos deveriam comparar o tempo de cozimento de um dado alimento em uma panela de pressão e numa panela normal. O respectivo roteiro, disponibilizado através da plataforma *WhatsApp*, foi feito e entregue em grupos, os mesmos das discussões dos testes conceituais. Do total de 8 grupos, A até H, somente o último não entregou as análises do roteiro.

A primeira parte do roteiro estava relacionada à transformação gasosa isotérmica. O passo 1 solicitava que os alunos assistissem a um vídeo que explicava um experimento com seringa e balão exemplificando a respectiva transformação. O passo 2 apresentava os seguintes questionamentos sobre o vídeo que deviam ser respondidos pelos grupos:

- a) O que acontece com o volume do balão ao pressionar o êmbolo da seringa lentamente?
- b) O que acontece com o volume do balão ao soltar o êmbolo da seringa lentamente?
- c) Como isso pode ser explicado? Como esta transformação gasosa pode ser classificada?

Em relação ao questionamento da letra (a), de forma unânime, os grupos responderam que o volume do balão diminuía ao pressionar o êmbolo da seringa. O grupo A respondeu o seguinte “leva a redução do volume do gás, que pode ser percebido pelo volume do balão”. Já o grupo B comenta na sua resposta que “com a pressão exercida sobre o balão dentro da seringa, seu volume diminui”.

Todos os grupos responderam ao questionamento da letra (b) dizendo que o volume do balão aumenta ao soltar o êmbolo da seringa lentamente. O grupo B relatou em sua resposta que “com diminuição da pressão sobre o balão, seu volume aumenta”. Já o grupo G comentou que “quando a pressão é reduzida o gás do balão volta a se expandir como antes”.

Por fim, em relação ao último questionamento, a letra (c), todos os grupos classificaram a transformação ocorrida em isotérmica. As explicações variaram pouco

e, de maneira geral, comentavam sobre a relação inversa entre o volume e a pressão no respectivo experimento. O grupo B explicou a transformação em sua resposta da seguinte maneira “com o aumento da pressão exercida pelo êmbolo leva a redução do volume do gás, que pode ser percebido pelo volume do balão”. Já o grupo D respondeu que “ocorre a transformação gasosa isotérmica, onde a temperatura permanece constante, e a variação da pressão ocorre de forma inversamente proporcional a mudança de volume”. Por último, o grupo G comentou que “é uma transformação gasosa isotérmica onde a temperatura se mantém, mas se a pressão aumentar o volume diminui, e se a pressão diminuir o volume aumenta”.

A segunda parte do roteiro estava relacionada a transformação gasosa isobárica. O passo 1 solicitava que os alunos assistissem a um vídeo que explicava um experimento com garrafa PET, água quente e gelada, demonstrando a respectiva transformação. O passo 2 apresentava os seguintes questionamentos sobre o vídeo que deviam ser respondidos pelos grupos:

- a) O que acontece com o balão ao colocar a garrafa no recipiente com água quente?
- b) O que acontece com o balão ao colocar a garrafa no recipiente com água gelada?
- c) Como isso pode ser explicado? Como esta transformação gasosa pode ser classificada?

No questionamento da letra (a), os grupos responderam, de forma unânime, que o balão infla ao ser colocado no recipiente com água quente. O grupo A escreveu em sua resposta o seguinte “aumenta a temperatura do gás fazendo o balão se expandir”. Já o grupo B comentou em sua resposta que “ao entrar em contato com o recipiente com água quente o balão se expande, pois as partículas de gás se movimentam”.

Em relação ao questionamento da letra (b), todos os grupos comentaram que o balão diminui de volume ao ser colocado no recipiente com água gelada. O grupo A comentou em sua resposta o seguinte “o gás é resfriado e o ar é comprimido, diminuindo o volume do balão”. Na resposta do grupo B está escrito o seguinte “ao entrar em contato com a água fria ele esvazia, pois as partículas se retêm”. Por fim, o grupo C escreveu em sua resposta que “o gás é esfriado e as partículas se juntam murchando o balão”.

No último questionamento, a letra (c), da segunda parte do roteiro, todos os grupos classificaram a transformação ocorrida em isobárica. As explicações variaram pouco e, de maneira geral, comentavam sobre a relação proporcional entre o volume e a temperatura no respectivo experimento. O grupo E respondeu que “ocorre a transformação gasosa isobárica, onde a pressão permanece constante e a temperatura e o volume variam, se a temperatura aumenta, o volume aumenta e vice-versa”. Já o grupo F comentou em sua resposta que “o aumento da temperatura faz com que se haja o aumento do volume do gás, e quando há diminuição de temperatura, tem-se também a diminuição do volume do gás”.

A terceira, e última, parte do roteiro estava relacionada a transformação gasosa isovolumétrica. O passo 1 solicitava que os alunos assistissem a dois vídeos que relacionavam o funcionamento de uma panela de pressão com a respectiva transformação. O passo 2 apresentava o seguinte questionamento sobre o vídeo que devia ser respondido pelos grupos:

a) Descreva sobre o funcionamento de uma panela de pressão. Como tal funcionamento pode ser explicado pela transformação isovolumétrica?

Exceto os grupos B e D, todos os demais responderam ao questionamento. As respostas estão apresentadas no quadro 4.

Quadro 4 – Respostas dos grupos em relação ao questionamento sobre o funcionamento da panela de pressão (passo 2 - terceira parte do roteiro)

Grupo A	Ela serve para cozinhar o alimento mais rápido. Quando o volume é constante e a pressão aumenta, o ponto de ebulição também aumenta, ou seja, a temperatura da água aumenta, assim cozinhando mais rapidamente os alimentos.
Grupo C	Quando o volume é constante e a pressão aumenta, o ponto de ebulição também aumenta.
Grupo E	Na panela de pressão o volume é mantido constante e levamos a panela de pressão ao fogo a temperatura interna, da água e do gás dentro da panela aumentam, fazendo com que a pressão interna aumente também. Assim, na panela de pressão, mantemos o volume constante, e quanto maior a temperatura, maior a pressão no seu interior, fazendo com que os alimentos sejam cozidos mais rapidamente.
Grupo F	A panela de pressão serve para que a pressão seja maior em seu interior, se comparada a uma panela comum, assim sua temperatura se torna maior também. Isso se deve pela transformação isovolumétrica que o gás sofre, já que seu volume é constante, porém a temperatura e a pressão são modificadas.
Grupo G	Em uma panela de pressão é submetida uma pressão muito maior que uma convencional, com isso automaticamente a sua temperatura seja maior. O volume é o mesmo, aumenta pressão e a temperatura.

Fonte: Elaborado pela autora.

O passo 3, da última parte do roteiro, consistia na atividade prática, na qual os alunos deviam cozinhar a mesma quantidade de algum alimento, em chamas semelhantes, utilizando uma panela de pressão e uma panela normal, além disso deviam observar o tempo de cozimento em cada um dos casos. Após realizarem a atividade, deviam responder aos seguintes questionamentos:

- a) Qual foi o alimento preparado?
- b) Qual foi o intervalo de tempo de cozimento em cada panela?
- c) Quais as vantagens que se pode obter diariamente ao cozinhar alimentos numa panela de pressão?
- d) Quais são os cuidados necessários para se utilizar a panela de pressão com segurança?

Exceto o grupo A, todos os grupos responderam aos questionamentos em relação ao experimento. Na letra (a), os grupos B, C e G responderam que o alimento preparado foi a batata, já os grupos D, E e F prepararam feijão.

No questionamento da letra (b), relativo ao tempo de preparo do alimento, a média das respostas dos grupos B, C e G, que prepararam batata, foi de 45 minutos na panela normal e 15 minutos na panela de pressão. A média das respostas dos grupos D, E e F, que preparam feijão, foi de 2 horas na panela normal e 40 minutos na panela de pressão.

Em relação ao questionamento da letra (c), todos os grupos comentaram que a principal vantagem ao utilizar a panela de pressão para cozinhar alimentos é a economia de tempo, já que os alimentos cozinham mais rápido. Os grupos E e F também ressaltaram a economia de gás como uma vantagem.

O grupo D não respondeu ao último questionamento, a letra (d), já o restante dos grupos respondeu que devem ser tomados diversos cuidados na utilização da panela de pressão. Os cuidados mais citados estavam relacionados com a limpeza da panela, para evitar o entupimento do pino por onde sai o vapor, o fechamento completo da tampa, a conferência do funcionamento da válvula de segurança e o tempo correto para abrir a panela, conforme as seguintes respostas, dos grupos B e E respectivamente, “tampar bem a panela, cuidar para não deixar demais no fogo e esperar sair toda a pressão para abrir a panela para não estourar quando você for abrir” e “sempre deixar o pino por onde sai o vapor da panela limpo para evitar o seu entupimento e abrir a panela somente quando todo o vapor sair”.

Pode-se verificar que os grupos, em sua maioria, participaram da atividade experimental proposta e se empenharam na construção de suas respostas, justificando corretamente a maioria delas. Além disso, observa-se que o objetivo inicial de proporcionar ao aluno uma posição ativa na construção da aprendizagem foi atingido, conforme preconiza a metodologia *Peer Instruction*. (MAZUR, 2015).

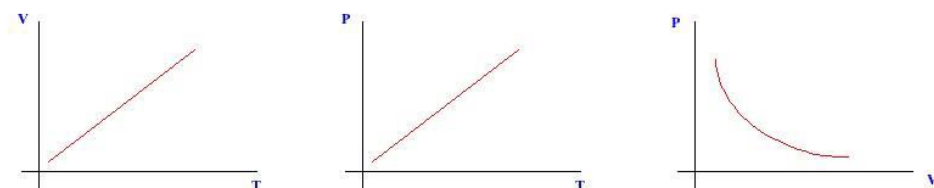
A atividade experimental pôde demonstrar como os conteúdos estudados em aula se fazem presente no cotidiano, portanto, propôs aos estudantes que relacionassem o conhecimento com suas realidades e, desta forma, construíssem sua aprendizagem de forma ativa, além de possibilitar transformações no seu dia-a-dia, o que vai ao encontro da perspectiva freiriana de educação. (MENEZES; SANTIAGO, 2014).

4.2.3 Trabalho Avaliativo

Após a aula da semana 5, foi aplicado o trabalho avaliativo, no qual constavam 2 questões qualitativas e 6 questões quantitativas sobre o assunto estudado nas aulas anteriores, ou seja, sobre o estudo do comportamento dos gases. O respectivo trabalho, valendo 5 pontos, foi disponibilizado através da plataforma *WhatsApp* e foi entregue individualmente através da mesma. Do total de 22 alunos, 14 entregaram a atividade. O trabalho contava com as seguintes questões e suas respectivas pontuações:

- 1) O estado de um gás perfeito é caracterizado pelas variáveis de estado. Quais são elas? Quais suas definições? (1,0 ponto)
- 2) Determine o volume molar de um gás ideal, cujas condições estejam normais, ou seja, a temperatura à 273 K e a pressão a 1 atm. Dado: $R = 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$. (0,5 ponto)
- 3) Determine o número de mols de um gás que ocupa volume de 90 litros. Este gás está a uma pressão de 2 atm e a uma temperatura de 100 K. Dado: $R = 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$. (0,5 ponto)
- 4) Qual deverá ser o volume de um gás que sofreu uma transformação isotérmica e teve sua pressão inicial ($P = 2 \text{ atm}$) modificada para 0,5 atm. Considerando que inicialmente esse gás estava a uma temperatura de 325 K e ocupava um volume de 500 litros. (0,5 ponto)
- 5) Em uma amostra de gás ideal notou-se que conforme fosse mudado a temperatura, a pressão alterava de uma forma proporcional. Considerando que esse gás se encontra em confinamento, determine qual a temperatura que o gás deverá ter quando a pressão for de 5 atm. Considerando que inicialmente $P = 2 \text{ atm}$ e $T = 450 \text{ K}$. (0,5 ponto)
- 6) Em uma pressão constante, um gás é aquecido até que seu volume inicial de 150 litros dobre. Se a temperatura inicial do gás era de 20°C , qual deve ser a temperatura final na escala Kelvin? (0,5 ponto)
- 7) Um volume de 10 litros de um gás perfeito teve sua pressão aumentada de 1 para 2 atm e sua temperatura aumentada de -73°C para $+127^\circ\text{C}$. O volume final, em litros, alcançado pelo gás foi de quanto? (0,5 ponto)

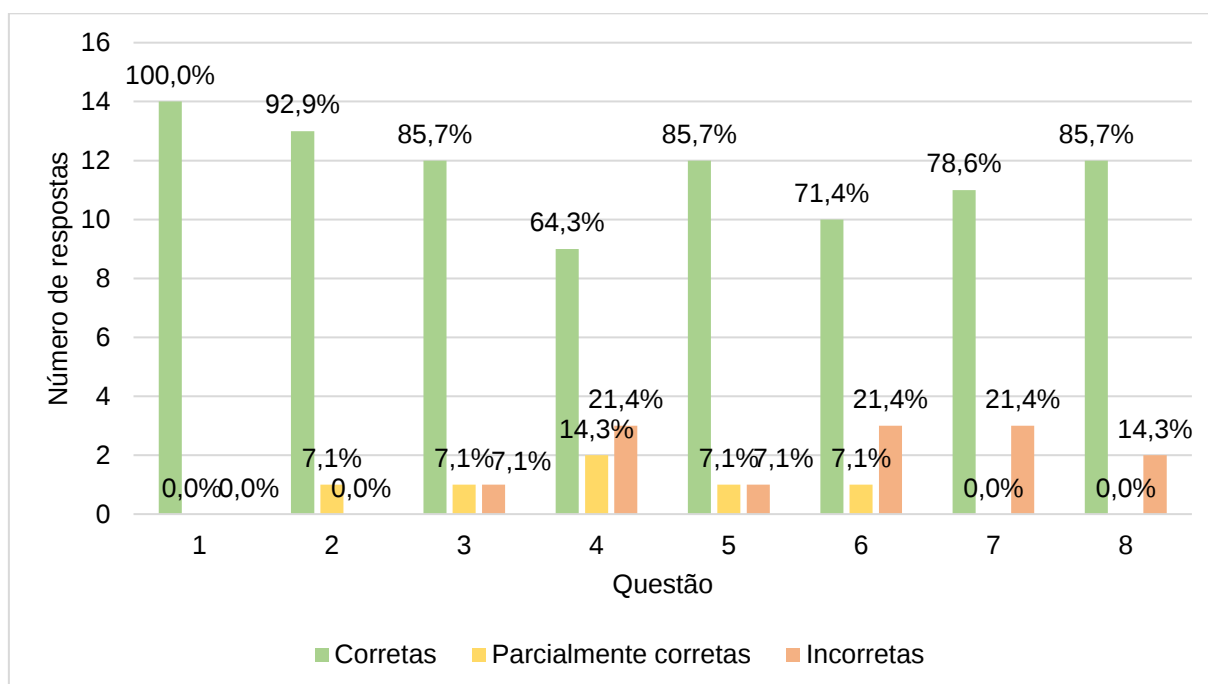
8) Assinale a alternativa correta em relação aos gráficos correspondentes às transformações gasosas abaixo: (1,0 ponto)



- ☐ () isovolumétrica – isobárica – isotérmica;
- ☐ () isobárica – isovolumétrica – isotérmica;
- ☐ () isotérmica – isobárica – isovolumétrica;
- ☐ () isobárica – isotérmica – isovolumétrica;
- ☐ () isovolumétrica – isotérmica – isobárica.

As respostas das questões do trabalho foram classificadas em três eixos. As corretas que compreendem as respostas completas; as parcialmente corretas que englobam respostas que não apresentavam unidade de medida ou unidade de medida incorreta nos resultados; e, por fim, as incorretas que contam com as respostas erradas devido a utilização equivocada das equações, multiplicação/divisão errada, substituição incorreta dos valores na equação, falta de conversão das unidades de medida, além daquelas que não foram respondidas. O gráfico 34 demonstra as porcentagens relativas às respostas conforme sua classificação.

Gráfico 34 – Distribuição da classificação das respostas às questões do trabalho avaliativo



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a pontuação das questões do trabalho, as respostas corretas obtiveram 100% de consideração em suas notas, as respostas parcialmente corretas obtiveram 50% de consideração em suas notas e, por fim, as respostas incorretas anularam sua pontuação. Para realizar o cálculo da média da pontuação do trabalho avaliativo, utilizou-se novamente a seguinte equação:

$$M = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_n}{N}$$

onde M significa a média das pontuações, A_n a pontuação total de cada um dos alunos e N o número total de alunos que entregaram a atividade. Portanto, seguindo o cálculo e substituindo os devidos valores na equação acima, obtém-se a média de, aproximadamente, 4,45 pontos de um total de 5 pontos no trabalho avaliativo.

Considerando que cerca de 63,6% dos alunos responderam e entregaram a atividade proposta, o valor obtido calculando a média da pontuação no trabalho avaliativo foi muito bom. Portanto, as pontuações demonstram uma excelente compreensão da abordagem quantitativa do conteúdo, além das duas questões qualitativas, relativas aos conceitos de volume, pressão e temperatura, e a análise gráfica das transformações gasosas.

4.2.4 Autoavaliação

Após a última aula do projeto, ainda na semana 6, foi aplicado, junto ao teste final, uma autoavaliação aos alunos, através da plataforma *Google Forms*, para que eles se avaliassem acerca de seu desempenho nas aulas. Alguns dos critérios a serem considerados eram sua dedicação, organização, participação nas discussões, entrega das atividades, tentativa de tirar dúvidas com a professora ou com os colegas, além de outros que julgassem ser relevante. Assim como o teste final, a autoavaliação foi feita e entregue no mesmo dia em que foi solicitada. Do total de 22 alunos, 17 realizaram a atividade.

Na maioria das respostas, os alunos comentaram que deveriam ter participado mais das aulas por videoconferência. Sobre a pontualidade na entrega das atividades, a maior parte dos alunos disseram ter entregue sempre dentro do prazo. Em relação às suas dúvidas, alguns disseram ter conversado com os colegas, outros com a professora ou pesquisado na *internet*. Algumas das respostas constam no quadro 5, abaixo.

A atividade de autoavaliação foi o momento em que muitos alunos aproveitaram para justificar a falta de interação durante as aulas, além de comentarem bastante sobre sua pontualidade na entrega das atividades. Outros alunos acabaram destacando alguns dos aspectos que mais acharam interessante das aulas, como o formato de aplicação, de acordo com a metodologia explicada na primeira aula da semana 1.

Apesar de terem passado por toda uma adaptação em função da modalidade das aulas, seja pela forma remota ou pela metodologia aplicada, a *Peer Instruction*, a maioria dos alunos se mantiveram organizados, assistiram às aulas e entregaram as atividades dentro dos prazos.

Quadro 5 – Respostas de alguns alunos à atividade de autoavaliação da última semana de aula

Aluno 1	Em quesitos de organização, creio que tenho me mantido bem, sempre entrego trabalhos nas datas corretas e sem nenhuma dúvida. Embora não participe muito da aula no quesito de interagir.
Aluno 2	Acredito que tenho sido organizada, entregando as tarefas em dia e participando de todas as aulas, creio que deveria ter sido mais participativa nas aulas, mas consegui compreender bem o conteúdo e gostei bastante do jeito que ele foi abordado.
Aluno 5	Essas aulas foram muito interessantes e diferenciadas, eu penso que criar o grupo foi uma boa ideia para ampliar as atividades e conseguir esclarecer as dúvidas por não estar tendo uma aula presencial.
Aluno 9	Tentei me dedicar bastante para fazer as atividades, me organizando para entregar as atividades nas datas certas, quanto a discussão nas aulas eu não fui muito participativa, mas tentei ser a mais participativa na hora de corrigir as atividades em grupo.
Aluno 12	Nas aulas pelo Meet confesso que fiquei um pouco perdida, mas entendi. Achei o conteúdo muito interessante e fácil, gostei muito. Porém não consegui me organizar direito, até porque estamos com problemas aqui em casa. Mas estou trabalhando nisso. Não sou muito boa de me expressar por mensagem e tenho vergonha de falar no Meet porque tem muita gente, mas quando perguntei a professora no Whats ela me explicou direitinho, me ajudou muito bem e foi muito gente boa. Muito obrigada! ♥
Aluno 13	De 1 a 10, foi 8/10, em alguns momentos eu precisei sair e perdi algumas coisas que prejudicaram um pouco e eu fui pedir ajuda aos colegas do grupo (no privado) e eu não tirei muitas dúvidas com a professora.
Aluno 17	Eu acho que me sai muito bem na matéria, eu não fui muito dedicado, não sou nada organizado, não participei muito nas aulas e nas discussões não soube me expressar direito, entreguei tudo dentro do prazo e me sinto mais a vontade de pesquisar ao invés de perguntar para professor.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.5 Avaliação do Projeto

Esta seção contém as avaliações feitas pelos alunos e pelo professor titular em relação à metodologia de ensino utilizada nas aulas, através do questionário final e do questionário para o professor, respectivamente.

4.2.5.1 Questionário Final dos Alunos

Na última semana de aula do projeto, foi aplicado um questionário final aos alunos, estruturado por sete perguntas dissertativas, através da plataforma *Google Forms*, com o intuito de os alunos avaliarem a metodologia de ensino utilizada nas aulas. Do total de 22 alunos, 16 responderam ao questionário.

A primeira pergunta pedia para os discentes discorrerem sobre sua compreensão acerca dos conteúdos abordados nas aulas e quais foram suas maiores dificuldades. Todos os alunos alegaram ter compreendido bem o conteúdo das aulas. Do total, quatro deles responderam que não tiveram dificuldades. Sete estudantes comentaram ter encontrado dificuldade na aplicação das equações, como na resposta do aluno 1 que diz “[...] a única e maior dificuldade foi na hora de interpretar as fórmulas para realizar os cálculos, mas isso se resolve exercitando”. O restante das respostas indicava como dificuldades o distanciamento, o acompanhamento das aulas online, a conciliação das plataformas de postagem e entrega das atividades, a aplicação dos conteúdos novos e a vergonha para falar na aula por videoconferência.

A segunda pergunta do questionário solicitava que os alunos apresentassem sua opinião sobre o trabalho com questões conceituais e se a discussão entre seus colegas ajudou a entender melhor o conteúdo. Treze deles responderam que a discussão em grupo auxiliou na compreensão dos conteúdos, como o aluno 5 comenta em sua resposta que é “bom saber além do seu ponto de vista”. O aluno 12 escreveu “um pouco” e o aluno 3 ponderou que “de certa forma ajuda sim, às vezes nossas dúvidas podem ser as mesmas”. Por fim, um discente disse que não gosta de trabalhar em grupo.

O questionamento da terceira pergunta pedia para os alunos destacarem a relevância de estudar questões conceituais de Física. Quatro estudantes responderam que estudar as questões conceituais auxilia na compreensão do conteúdo. Seis alunos comentaram que se torna mais fácil de relacionar os conceitos aos acontecimentos do dia-a-dia, como o aluno 4 diz em sua resposta “para a melhor percepção de coisas no nosso dia-a-dia”. Dois deles expressaram que é importante estudar as questões conceituais, conforme o aluno 10 diz em sua resposta “acho que é bem importante, ficar só fazendo cálculos acaba sendo cansativo”. O aluno 12 respondeu o seguinte “pra nos motivar e nos interessar mais, eu acho”. Por fim, dois

discentes comentaram somente que acharam interessante estudar as questões conceituais e outro deixou a questão em branco.

A quarta questão perguntava aos discentes se a sua concepção sobre estudar Física havia mudado. Onze alunos indicaram que sua concepção mudou, conforme a resposta do aluno 4, que diz “mudou, consigo entender melhor o porquê das coisas”, já o aluno 10 fala o seguinte “gostei de ver conceitos que antes pareciam meio inúteis, então mudou sim”, por fim, o aluno 17 comenta que “[..] utilizando um novo método muda a percepção da matéria”. Quatro deles responderam que sua concepção não mudou, conforme o aluno 2 diz em sua resposta “não, sempre gostei bastante, e por meio dessa aula continuo gostando”, já o aluno 1 comenta o seguinte “creio que não, continuei estudando normalmente (considerando o ano atípico em que estamos)”. Concluindo, o aluno 16 respondeu “um pouco, pois se tornou mais teórico”.

No quinto questionamento, os estudantes deviam apresentar sua opinião sobre as atividades, a experiência e se conseguiram se manter motivados durante as aulas. Todos os alunos disseram ter gostado da experiência e terem se mantido motivados, conforme o aluno 2 expressa em sua resposta “sim, com um jeito diferente de estudar, me deu uma maior motivação para frequentar as aulas e fazer as atividades”, já o aluno 9 comenta o seguinte “eu achei as atividades bem legais, gostei da experiência e foi bem interessante, o modo que o conteúdo foi explicado e como as atividades foram abordadas me deixaram bem mais motivada”, por fim, o aluno 6 diz que “[...] coisas diferentes sempre é bom”.

Na penúltima questão, os alunos deviam falar sobre o que mais haviam gostado nas aulas. Três estudantes citaram somente os experimentos em suas respostas. O aluno 12 escolheu “as experiências e os cálculos fáceis”. Outros três discentes apontaram a metodologia. Em relação aos conteúdos, o aluno 5 falou o seguinte “bastante resumido o conteúdo nos dando somente a parte mais relevante”. Dois deles escolheram as explicações. Os alunos 8 e 9 citaram, além das explicações, os experimentos e os slides utilizados em aula, respectivamente. Os alunos 10 e 3 destacaram o seguinte “gostei dos slides bem explicativos, dos sites utilizados para experimentos e da atenção dada pela professora” e “os slides foram muito bem elaborados e de fácil compreensão, além de uma ótima explicação”, respectivamente. Por fim, um aluno citou os formulários e outro a interação.

O último questionamento solicitava que os alunos falassem o que menos gostaram nas aulas e quais sugestões teriam para melhorá-las. Nove deles alegaram não ter nenhuma sugestão para melhorar, já que gostaram das aulas, conforme o aluno 1 expressou em sua resposta “no geral, as aulas foram muito boas, não tenho do que reclamar”. O aluno 10 ratificou o seguinte “como falei antes, o que eu menos gostei foi de trabalhar em grupo, mas entendo o motivo pelo qual foi feito assim”. Três estudantes alegaram que o prazo de entrega para as atividades foi curto. O aluno 3 respondeu “acho que a falta de interação da turma, tirando isso, foi tudo muito bom”. Por fim, um aluno sugeriu mais tempo de aula e outro comentou “não sei”.

As respostas ao questionário final demonstraram que a metodologia aplicada, a *Peer Instruction*, agradou os alunos, apesar de algumas observações feitas por eles em seus comentários. Portanto, considerando as respostas, observou-se que o método de ensino e aprendizagem foi aprovado pelos respondentes. Outro aspecto importante a ser destacado foi a compreensão da necessidade de trabalharem em grupos, apesar de alguns não preferirem essa forma de estudar. A importância do estudo dos conceitos físicos também foi uma questão bastante destacada. Por fim, as sugestões para melhorar as aulas se referiram ao prazo restrito de entrega das atividades, à falta de interação da turma e ao tempo limitado de aula síncrona, as quais, de certa forma, estavam relacionadas com a situação atípica vivida no período de aplicação do projeto, o ensino remoto devido ao distanciamento social. Portanto, trata-se de questões que podem ser flexibilizadas ou solucionadas dependendo do contexto educacional.

4.2.5.2 Questionário para o Professor Titular

Após a última semana de aula do projeto, foi aplicado um questionário ao professor titular da turma 22, estruturado por sete perguntas dissertativas, através da plataforma *Google Forms*, com o intuito de o professor avaliar a metodologia de ensino utilizada nas aulas.

A primeira questão perguntava se o professor já conhecia as metodologias ativas de ensino-aprendizagem e, em caso afirmativo, se poderia citar alguns aspectos que caracterizam tais metodologias. Ele respondeu o seguinte “As metodologias ativas são uma nova maneira de pensar o ensino tradicional. Isso porque um dos princípios da BNCC (Base Nacional Comum Curricular que deve guiar

o currículo de toda a Educação Básica brasileira) é a promoção do aluno como protagonista de seu processo de ensino-aprendizagem”.

Na segunda pergunta, o professor devia comentar, considerando os planos de aula, quais eram suas ponderações sobre da metodologia de ensino aplicada. A resposta foi a seguinte “a metodologia aplicada pela Professora Daniela foi muito eficiente e bem aceita pelos alunos, superou as expectativas com certeza”.

A terceira questão solicitava que o professor comentasse se a metodologia de ensino contribuiu para a aprendizagem dos alunos. O professor respondeu o seguinte “sim, contribuiu pela didática aplicada e a interação entre a professora e os alunos”.

Na quarta pergunta, em relação à metodologia aplicada, o professor devia falar quais aspectos destacava como positivos. Segundo ele “a metodologia foi aplicada de uma forma direta e simplificada, com utilização de tecnologias e experiências”. Já a quinta pergunta pedia para que ele destacasse aspectos negativos. Em sua resposta escreveu “não houve aspectos negativos”.

No penúltimo questionamento, que perguntava ao professor se ele aplicaria a *Peer Instruction* nas suas aulas de Física, ele respondeu “sim, a metodologia onde o aluno trabalha também com a instrução dos conteúdos para seus pares é de extrema valia e relevância”.

Por fim, na última pergunta do questionário, o professor poderia contribuir com alguma sugestão. Em sua resposta ele escreveu o seguinte “Agradeço muito a colaboração da professora Daniela, sua disponibilidade, organização e empenho, foram muito importantes para que os alunos tivessem domínio dos conteúdos adquiridos. Parabéns”.

Considerando as respostas do professor titular, pode-se concluir que a metodologia de ensino aplicada, a *Peer Instruction*, agradou não só os alunos como o professor da turma também. Um aspecto interessante apontado em uma de suas respostas foi a relação feita com a BNCC, que é um documento normativo para as redes de ensino e que visa o protagonismo dos discentes no processo de ensino-aprendizagem, assim como a *Peer Instruction* e as concepções freirianas de educação reforçam. (FREIRE, 2019; MAZUR, 2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral desenvolver aulas utilizando a metodologia ativa denominada *Peer Instruction*, no contexto da Física, para escolas públicas a ser aplicada no ensino médio. Tal meta foi alcançada, com a aplicação do projeto na Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato (CIMOL), do município de Taquara, com a turma 22 do Curso Técnico em Eletrotécnica.

A relevância do uso de metodologias ativas no ensino de Física, especificamente a *Peer Instruction*, foi percebida durante todo o projeto, conforme a avaliação feita pelos alunos e pelo professor titular acerca das aulas aplicadas. Segundo os relatos dos estudantes, uma nova metodologia de ensino foi capaz de motivá-los a frequentarem as aulas e a estudarem mais. Já o professor titular salientou que tais metodologias são uma nova forma de pensar o ensino tradicional, além de poderem ser utilizadas como estratégia para incentivar o protagonismo do aluno no processo de ensino e aprendizagem, conforme preconiza a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Portanto, os resultados obtidos na avaliação deste trabalho destacam que os métodos ativos de ensino, tendo como foco a *Peer Instruction*, são excelentes alternativas às metodologias centradas no docente.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, foi possível compreender a relação existente entre a perspectiva de educação de Paulo Freire, a Pedagogia Crítica, e as características da metodologia de ensino e aprendizagem *Peer Instruction*, tendo em vista que ambas visam a interação entre os alunos, o aspecto dialógico, a transposição dos conteúdos da sala de aula para o cotidiano dos discentes e a valorização de seus saberes prévios.

Em relação à aplicação das aulas com base nos objetivos da metodologia *Peer Instruction* e na concepção freiriana de educação, além de considerar os relatos dos estudantes já anteriormente mencionados, concluiu-se que foi capaz de estimular as discussões entre os alunos, principalmente através dos testes conceituais, bem como a participação ativa no processo de ensino e aprendizagem, já que através da atividade experimental, utilizando a panela de pressão, os discentes puderam assimilar e relacionar os seus conhecimentos com suas realidades, além de possibilitar transformações no seu dia-a-dia.

A situação atípica vivida no período de aplicação do projeto, devido à condição de distanciamento social implementada diante da pandemia de COVID-19, influenciou

na verificação e análise das potencialidades e limitações da metodologia *Peer Instruction*, já que as aulas estavam ocorrendo na modalidade remota, através de videoconferência pela plataforma *Google Meet*. Além disso, outros aspectos podem ter influenciado nesse processo, como a realização das discussões de forma virtual, a não obrigatoriedade da presença nas aulas, a avaliação escolar predominantemente qualitativa e a consulta em todas as atividades. Apesar disso, considera-se a metodologia *Peer Instruction* uma excelente alternativa metodológica de ensino, inclusive pela sua capacidade de adaptação e flexibilidade conforme o contexto educacional que se insere, destacando o potencial de motivação para os estudos evidenciada pelos estudantes em seus relatos. Acredita-se que seu maior aproveitamento ainda se dá de forma presencial, porém, segundo os resultados obtidos, as discussões realizadas contaram com boa participação dos alunos, além de ótimos resultados nos testes conceituais. Já o cálculo do ganho de Hake não obteve o resultado esperado segundo Mazur (2015), $g > 0,36$, apresentando um ganho médio de aprendizagem ($g = 0,31$), conforme Hake (1998).

Por fim, acredita-se que o presente trabalho tenha contribuído para a área de estudos sobre o uso das metodologias ativas no ensino de Física, em nível médio, especificamente a *Peer Instruction*, trazendo elementos para pesquisas futuras, as quais visam compreender o processo de aplicação dos métodos ativos de ensino e aprendizagem, bem como sua capacidade de adaptação, suas potencialidades e limitações, para além do contexto presencial. Verifica-se que ainda existe o desafio de alternar o ensino tradicional por métodos de ensino que propiciem o protagonismo do aluno como sujeito ativo na construção de seus conhecimentos, além de levar o próprio aluno a compreender seu papel central no processo de aprendizagem, já que ainda encontram-se detidos ao movimento de reprodução, ao invés de pensarem por si próprios. (FREIRE, 2019; MAZUR, 2015).

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Alexandre Visentin Ramos de *et al.* Uma associação do método *Peer Instruction* com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 1-6, 2017.

ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

BAO, Lei. Theoretical comparisons of average normalized gain calculations. **American Journal of Physics**, [s. l.], v. 74, n. 10, p. 917, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, [2018]. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ ensino médio**: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, DF: MEC, [2002]. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2020.

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MONTEIRO LOBATO (CIMOL). Taquara: CIMOL, c2019. Disponível em: <http://www.cimol.g12.br/>. Acesso em: 24 ago. 2020.

FÁVERO, Osmar. Paulo Freire: importância e atualidade de sua obra. **Revista e-curriculum**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 1-8, 2011.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática pedagógica. São Paulo: Paz e Terra, 2019.

HAKKE, Richard R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.

KUADRO. Questões de Química - FUVEST 2019. Disponível em: <https://kuadro-static.s3.sa-east-1.amazonaws.com/0d255f7842615d9f13d71d1d3b194a7f>. Acesso em: 12 jun. 2020.

MAZUR, Eric. **Peer instruction**: a revolução da aprendizagem ativa. Porto Alegre: Penso, 2015.

MENEZES, Marília Gabriela de; SANTIAGO, Maria Eliete. Contribuição do pensamento de Paulo Freire para o paradigma curricular crítico-emancipatório. **Revista Pro-Posições**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 45-62, 2014.

MOTA, Ana Rita; ROSA, Cleci Teresinha Werner da. Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas. **Revista Espaço Pedagógico**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 261-276, 2018.

MÜLLER, Maykon Gonçalves *et al.* Uma revisão de literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino *Peer Instruction* (1991 a 2015). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 1-20, 2017.

OLIVEIRA, Vagner; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) e Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo ao nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 180-206, 2015.

SOUZA, Gilson Luiz Rodrigues; YAMAGAMI, Maria Rachel Messias. Paulo Freire: a educação que liberta. **Revista Brasileira de Educação e Cultura**, [s. l.], n. 3, p. 46-57, 2011.

APÊNDICE A – PLANOS DE AULA

PLANO DE AULA – SEMANA 1

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA INSTITUIÇÃO/ SÉRIE/ PERÍODO/ DISCIPLINA

Nome da instituição: Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato (CIMOL)

Curso: Ensino Médio

Disciplina: **FÍSICA**

Série: 2º ano

Ano: 2020

Carga horária: 2 períodos de 50 minutos

OBJETIVO DA AULA

Compreender a metodologia *Peer Instruction* e o funcionamento das aulas.

METODOLOGIA, RECURSOS DIDÁTICOS E DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO

No primeiro momento da aula, que ocorrerá por videoconferência na plataforma *Google Meet*, será **apresentada a proposta de projeto aos alunos**, bem como seus objetivos, sua justificativa, o funcionamento das aulas, o sistema de resposta dos testes conceituais e os processos avaliativos. Nessa aula também serão constituídos os grupos, de até três alunos, que trabalharão nas atividades solicitadas pela professora, este grupo será o mesmo até o final deste projeto.

Após a apresentação, será aplicado um **questionário inicial** com o intuito de conhecer as experiências, concepções e expectativas dos alunos diante das aulas de Física. O questionário visa aproximar o aluno da professora, bem como saber sobre suas experiências vividas na escola, como vem construindo sua aprendizagem e quais são seus planos para o futuro.

No segundo momento da aula, será aplicado um **teste inicial** com o objetivo de reconhecer os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos trabalhados, neste caso, sobre o Estudo do Comportamento dos Gases.

Tanto o questionário quanto o teste, os quais constam no Complemento A₁, serão disponibilizados aos alunos através da plataforma *Google Forms*. Já os slides, os quais serão utilizados durante a aula síncrona por webconferência constam no Complemento B₁.

AValiação

A avaliação será realizada ao decorrer da aula através da participação dos alunos, seja nos momentos em que explanarem suas dúvidas ou curiosidades, e na pontualidade da entrega do questionário inicial e do teste inicial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEPOSITPHOTOS. Legumes em conserva caseiras variedade vidro frascos fiquem na geladeira. Conceito de alimentos fermentados de natural saudável. Vista lateral. Disponível em:

https://st4.depositphotos.com/20604934/23682/i/450/depositphotos_236826640-stock-photo-variety-glass-jars-homemade-pickled.jpg. Acesso em: 16 jun. 2020.

FREEPIK. Viagem em família de carro na praia Vetor Premium. Disponível em:

https://image.freepik.com/vetores-gratis/viagem-em-familia-de-carro-na-praia_40816-305.jpg. Acesso em: 16 jun. 2020.

GEOCITIES. Testes de Física. Disponível em:

<http://www.geocities.ws/saladefisica2/testes/gases.html>. Acesso em: 01 de jun. 2020.

GEOGRAFIA OPINATIVA. Centros de alta e de baixa pressão. Disponível em:

<https://www.geografiaopinativa.com.br/wp-content/uploads/2016/12/pressao1.png>. Acesso em: 16 jun. 2020.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Livro eletrônico não paginado.

KUADRO. Questões de Química - FUVEST 2019. Disponível em: <https://kuadro-static.s3.sa-east-1.amazonaws.com/0d255f7842615d9f13d71d1d3b194a7f>. Acesso em: 12 jun. 2020.

LECONNECTOR. Up Altas Aventuras – A vida real por trás da ficção. Disponível em: <https://leconnector.files.wordpress.com/2016/10/pixar-up-house.png>. Acesso em: 16 jun. 2020.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**. 1 ed. São Paulo: Scipione, 2006. 2 v.

REVISTA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM AÇÃO. Poluição atmosférica: uma forma de ensino dos gases numa perspectiva histórico-crítica. Disponível em: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AAND9GcQ5VqChEeUWe6ZrQyIQakiRCm8eqfiLwMmEZKmybdz9oq9ktZ_k&usqp=CAU. Acesso em: 16 jun. 2020.

VÁLIO, Adriana Benetti Marques. et al. **Ser protagonista: física, 2º ano**. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016. 3 v.

COMPLEMENTO A₁
QUESTIONÁRIO INICIAL

Nome:

1. Qual é sua disciplina favorita e qual a que menos gosta? Por quê?
2. Você gosta de Física? Fale um pouco sobre seus motivos de gostar ou não gostar.
3. “*Eu gostaria mais de Física se...*” complete a sentença.
4. Até agora, o que você achou **mais e menos** interessante nos conteúdos de Física?
De que maneira estes assuntos foram abordados pelo professor?
5. Qual é o assunto você gostaria que fosse abordado na disciplina de Física?
6. Quais são as suas maiores dificuldades ao estudar Física?
7. Você prefere estudar sozinho, em grupos ou é indiferente?
8. Pretende fazer algum curso superior? Se sim, já pensou em qual? E onde?
9. O que você espera das próximas aulas com uma metodologia de ensino diferente?

TESTE INICIAL

Nome:

1. O que acontece com o volume de um balão cheio se você o colocar no freezer?

- a) ele aumenta;
- b) ele diminui;
- c) ele não muda;
- d) depende do balão.

Resposta: letra b.

2. O que acontece com a pressão do ar contido em um pote hermeticamente fechado, como um frasco de conserva, se você o colocar no freezer?

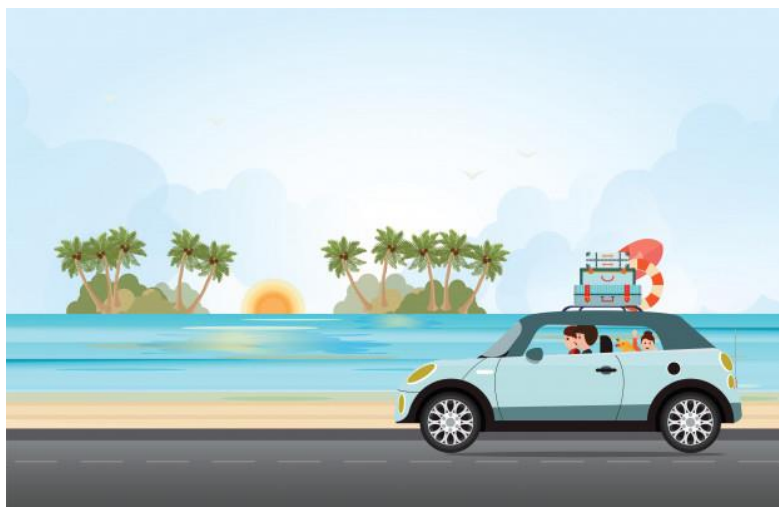


Fonte: Depositphotos (2019).

- a) ela aumenta;
- b) ela diminui;
- c) ela não muda;
- d) depende do gás.

Resposta: letra b.

3. Você diria que, nos dias quentes, ou após rodar alguns quilômetros, a pressão interna dos pneus de um carro:

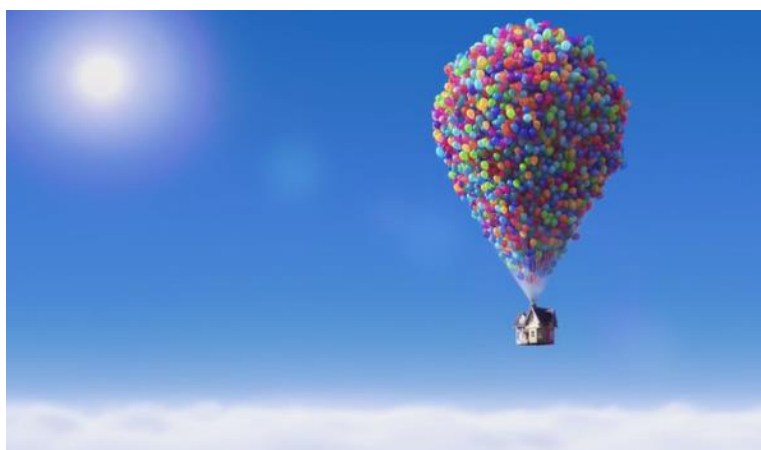


Fonte: Freepik (2018).

- a) diminui;
- b) não se altera;
- c) aumenta;
- d) é sempre igual à pressão exterior.

Resposta: letra c.

4. Um balão de aniversário, cheio de gás hélio, é largado da superfície da Terra, subindo até a altitude de 5000 m. Durante a subida, podemos afirmar que:



Fonte: Leconnector (2016).

- a) o volume do balão diminui;
- b) o volume do balão permanece igual;
- c) a temperatura do balão aumenta;

d) o volume do balão aumenta.

Resposta: letra d.

5. Segundo a figura abaixo, em tom de brincadeira com os nossos amigos felinos, o volume dos gases pode ser comparado aos gatos, pois:



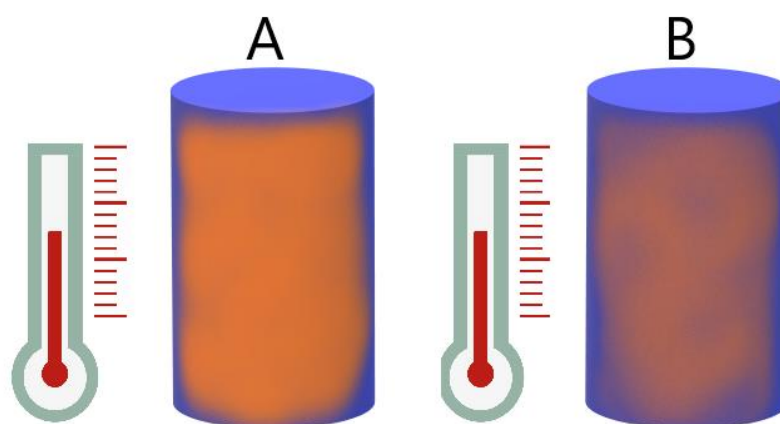
Bored Panda. <https://www.boredpanda.com>. Adaptado.

Fonte: Kuadro (2019).

- a) o volume dos gases tem forma própria;
- b) o volume dos gases é sempre constante;
- c) o volume dos gases corresponde ao volume do recipiente ocupado por ele, assim como aparentam os gatos;
- d) o volume dos gases varia conforme o tipo de gás.

Resposta: letra c.

6. Dois cilindros idênticos à mesma temperatura contêm o mesmo gás. Se A contém três vezes mais gás que B, qual cilindro tem a pressão mais elevada?

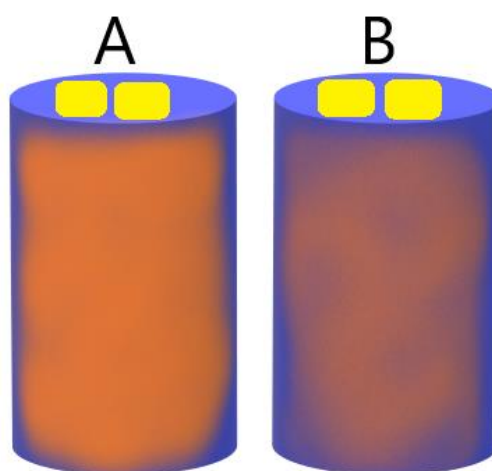


Fonte: Elaborada pela autora.

- a) cilindro A;
- b) cilindro B;
- c) ambos têm a mesma pressão;
- d) depende da temperatura.

Resposta: letra a.

7. Dois cilindros idênticos à mesma pressão contêm o mesmo gás. Se A contém três vezes mais gás que B, qual cilindro tem a temperatura mais alta?



Fonte: Elaborada pela autora.

- a) cilindro A;

- b) cilindro B;
- c) ambos têm a mesma temperatura;
- d) depende da pressão.

Resposta: letra b.

8. Ao comprimir, lentamente, o ar dentro de uma seringa fechando suas saídas, de modo que sua temperatura permaneça constante, o que acontece com o volume deste gás?

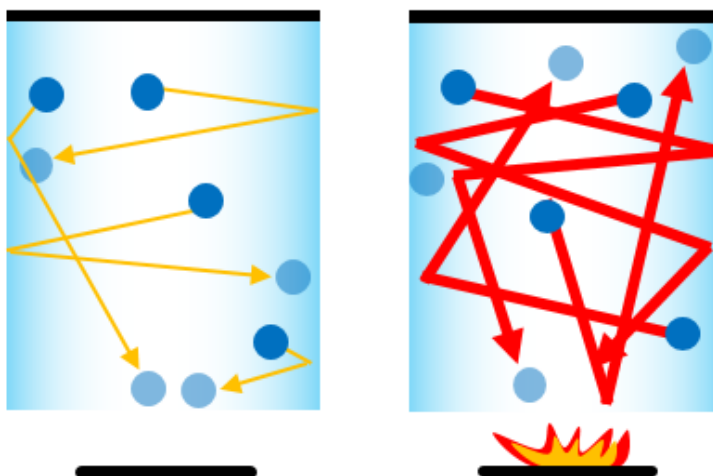


Fonte: Revista Educação Ambiental em Ação (2018).

- a) diminui;
- b) aumenta;
- c) permanece constante;
- d) depende do gás.

Resposta: letra a.

9. A temperatura é uma grandeza física que mede:



Fonte: Geografia Opinativa (2019).

- a) volume;
- b) calor;
- c) pressão;
- d) grau de agitação das moléculas

Resposta: letra d.

10. A pressão de um gás se caracteriza como:

- a) a força aplicada sobre o gás;
- b) o choque entre as moléculas do gás;
- c) a diferença de temperatura que o gás pode sofrer;
- d) o choque das moléculas do gás contra as paredes do recipiente que o contém.

Resposta: letra d.

COMPLEMENTO B₁ESTUDO DO
COMPORTAMENTO
DOS GASESApresentação, questionário inicial e
teste inicial

Semana 1



Introdução

Aulas mais
interativas (debates)Foco maior nos conceitos
físicos e menor nas
equações e problemas
numéricosTestes
conceituais*

Testes conceituais*

- Os testes conceituais são questões de múltipla escolha, nos quais somente uma alternativa está correta;
- No primeiro momento, os testes conceituais deverão ser respondidos individualmente após terem assistido a aula, pelo *Google Forms*;
- No segundo momento, deverão estabelecer um grupo de até 3 alunos (compor os grupos nesta aula) e este grupo será o mesmo sempre, até o final deste projeto;
- Após enviarem suas respostas individuais, deverão reunir-se no *Hangouts* para dar início às discussões dos testes conceituais (estarei no grupo a fim de monitorar a participação de todos, o que refletirá posteriormente na avaliação);
- Assim que o grupo concluir o debate, deverão solicitar o link do novo formulário para registrarem suas novas respostas aos testes conceituais.



Introdução

Avaliação

Participação ativa nas aulas (dúvidas e debates nos testes conceituais)
Listas de exercícios
Trabalho avaliativo + Análise das demonstrações experimentais
Teste final + Autoavaliação



Cronograma das aulas

Semana	Conteúdo/Atividade
1	Apresentação, questionário inicial e teste inicial
2	Variáveis de estado de um gás, Equação de Clapeyron, Princípio de Avogadro e quantidade de matéria + Testes conceituais
3	Exemplos de problemas numéricos + Exercícios
4	Transformações gasosas e Lei geral dos gases ideais + Demonstrações experimentais + Testes conceituais
5	Exemplos de problemas numéricos + Exercícios + Trabalho avaliativo
6	Teste final + Autoavaliação + Questionário final

Questionário inicial
(Forms)

Teste inicial (Forms)

PLANO DE AULA – SEMANAS 2 E 3

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA INSTITUIÇÃO/ SÉRIE/ PERÍODO/ DISCIPLINA

Nome da instituição: Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato

Curso: Ensino Médio

Disciplina: **FÍSICA**

Série: 2º ano

Ano: 2020

Carga horária: 4 períodos de 50 minutos

CRONOGRAMA DAS AULAS

Semana 2 – Variáveis de estado de um gás, Equação de Clapeyron, Princípio de Avogadro e quantidade de matéria + Testes conceituais;

Semana 3 – Exemplos de situações-problema + Exercícios.

OBJETIVOS DAS AULAS

- Identificar as variáveis de estado de um gás;
 - Aplicar a Equação de Clapeyron corretamente;
 - Compreender o Princípio de Avogadro e quantidade de matéria.
-

LISTAGEM DO CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Variáveis de estado de um gás;

Equação de Clapeyron;

Princípio de Avogadro e quantidade de matéria.

METODOLOGIA, RECURSOS DIDÁTICOS E DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO

SEMANA 2

*Após a aplicação do questionário e do teste inicial na aula anterior (semana 1), será iniciado o estudo do **comportamento dos gases** pela definição das **variáveis de estado de um gás**, seguido da **Equação de Clapeyron**, o **Princípio de Avogadro** e a **quantidade de matéria**, através de uma apresentação expositiva, utilizando videoconferência através da plataforma Google Meet, por cerca de 40 minutos. Além da apresentação expositiva, será utilizado um simulador online sobre as variáveis de estado de um gás, denominado “Gases: Introdução” (PHET, 2020). Os conteúdos trabalhados serão disponibilizados aos alunos através de slides, como consta no Complemento A₂₃. A aula iniciará contextualizando o assunto e, em seguida, abordando os tópicos citados anteriormente.*

Aprendemos anteriormente que a matéria pode se apresentar em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso, além do estado de plasma e o condensado de Bose-Einstein. Focaremos nosso estudo na matéria em sua forma gasosa e aprenderemos mais sobre seu comportamento neste estado. Sabemos, por exemplo, que o oxigênio atmosférico se caracteriza como um gás, assim como o nitrogênio, o gás carbônico ou o dióxido de carbono etc.

O estudo do comportamento dos gases compreende a análise da matéria quando se apresenta no estado gasoso e pode ser iniciado através do conhecimento das variáveis de estado de um gás. As quais podem ser definidas da seguinte forma:

Volume (V): os gases não têm volume e nem forma próprios. Por definição, **o volume de um gás é o volume do recipiente ocupado por ele**. Exemplo: um balão cheio de gás hélio, conforme a figura 1.

Figura 1 – Volume do gás representado pelo volume do balão



Fonte: Elaborada pela autora.

Pressão (P): a pressão de um gás é **devida aos choques das moléculas contra as paredes do recipiente**. A pressão é uma grandeza escalar, definida como a razão entre a intensidade da força resultante, normal à superfície, e a área dessa superfície. Veja a figura 2.

$$P = \frac{F}{A}$$

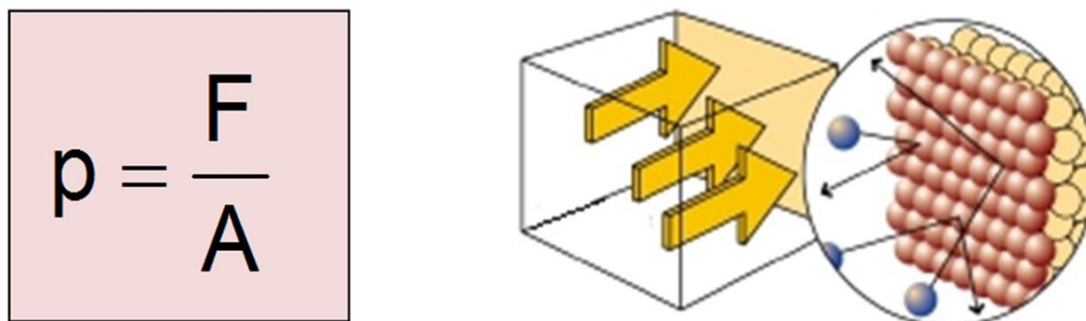
Onde:

P = pressão [Pa (pascal)]

F = força resultante [N (newton)]

A = área da superfície [m^2 (metro quadrado)]

Figura 2 – Pressão de um gás representada em termos da força aplicada pelas suas moléculas contra as paredes do recipiente



Fonte: Minhas aulas de Física (2012).

As unidades mais usadas para pressão são pascal (Pa), atmosfera (atm) e milímetro de mercúrio (mmHg). A relação entre essas unidades é:

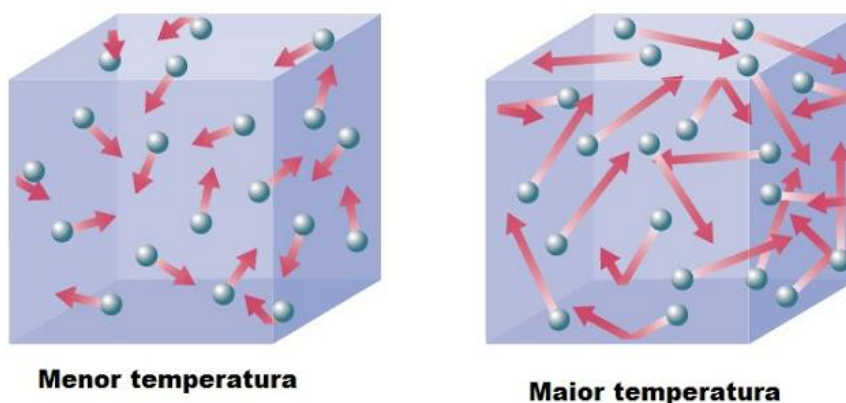
$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 10^5 \text{ Pa}$$

Temperatura (T): mede o estado de agitação das partículas do gás, conforme a figura 3. Aqui será utilizada a unidade de medida kelvin (SI), cuja equivalência em relação à escala Celsius pode ser obtida pela equação:

$$\frac{T_{\text{°C}}}{5} = \frac{T_K - 273}{5}$$

$$T_{\text{°C}} = T_K - 273$$

Figura 3 – A temperatura como medida do estado de agitação das partículas do gás



Fonte: Saber Atualizado (2016).

As unidades de medida mais usadas para temperatura são graus Celsius (°C), graus Fahrenheit (°F) e kelvin (K) [unidade padrão de temperatura segundo o Sistema Internacional de Unidades].

Lembrando sempre que está se tratando do conceito de **gás perfeito, que é um modelo teórico de gás**, cujas grandezas físicas associadas, pressão, volume, temperatura e número de mols, estão relacionadas pela **Equação de Clapeyron**, dada por:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Onde:

P = pressão [atm (atmosfera)]

V = volume [l (litros)]

n = número de mols

R = constante universal dos gases perfeitos ou constante de Clapeyron ($R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$)

T = temperatura [K (kelvin)]

O **Princípio de Avogadro** diz que volumes iguais de quaisquer gases, medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de partículas, sejam estas átomos ou moléculas. A **constante de Avogadro** é uma constante física fundamental que **representa o número de entidades elementares (átomos, moléculas, íons etc.) contidas em um mol**.

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{partículas/mol}$$

Já o **mol é uma unidade de medida utilizada para expressar a quantidade de matéria** microscópica, como átomos e moléculas. O cálculo do número de mols do gás é feito dividindo-se a massa total do gás pela **massa de um mol, chamada de massa molar**, desse gás ou pelo quociente entre o número de partículas N existentes na amostra e o número de Avogadro N_A :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

Onde:

n = número de mols

m = massa do gás [g (grama)]

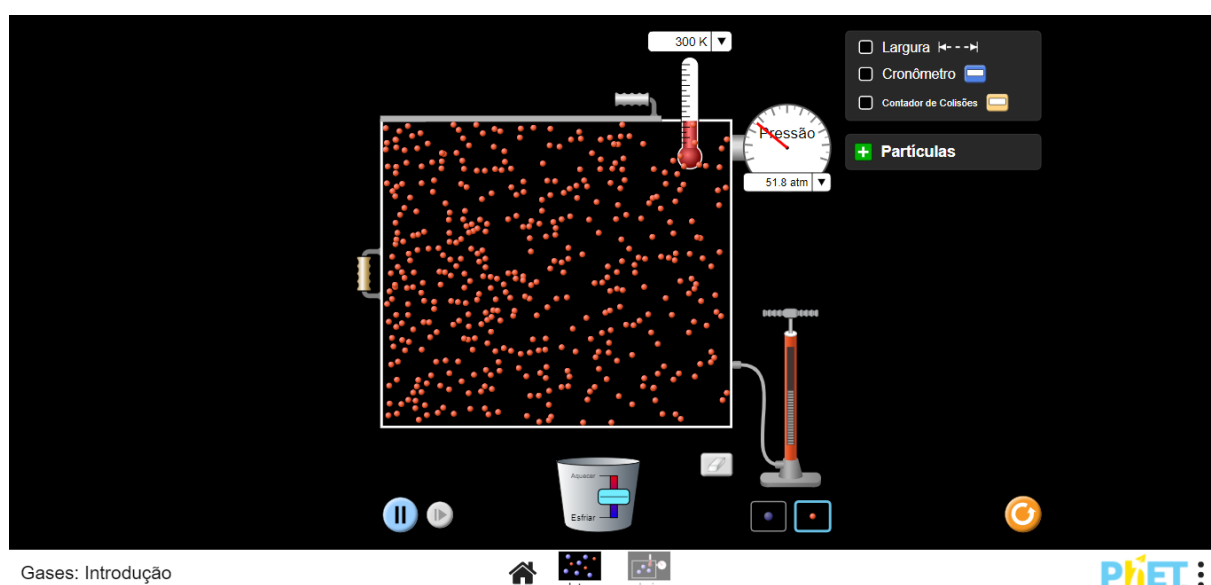
M = massa molar [g/mol]

N = número de partículas

N_A = constante de Avogadro ($N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{partículas/mol}$)

Após a apresentação dos conceitos feita pela professora, será utilizado um simulador online, denominado “Gases: Introdução”, exemplificado na figura 4, para demonstrar as variáveis de estado de um gás e como elas podem variar. O link de acesso será disponibilizado junto aos slides da aula, a fim de que os alunos possam explorar mais o recurso didático.

Figura 4 – Simulador online denominado “Gases: Introdução” sobre as variáveis de estado de um gás



Fonte: PHET (2020).

Por fim, serão proporcionados os **testes conceituais** abaixo, através da plataforma Google Forms, os quais deverão ser analisados e respondidos individualmente por cada aluno até duas horas após a aula online.

1º Teste conceitual) A pressão pode ser definida como:

- a) a variável de estado de um gás que depende somente da força aplicada pelo gás;
- b) a variável de estado de um gás que relaciona os choques das moléculas contra as paredes do recipiente que contém o gás;
- c) uma grandeza vetorial;

d) a variável de estado de um gás que relaciona a temperatura e a força das moléculas.

Resposta: letra b.

2º Teste conceitual) Sobre o conceito de temperatura, pode-se afirmar que:

- a) ela mede o quão quente ou frio está;
- b) é uma grandeza física que mede o calor;
- c) ela mede o estado de agitação das partículas do gás;
- d) está relacionada com as estações do ano.

Resposta: letra c.

3º Teste conceitual) O volume é a variável de estado de um gás corresponde a(o):

- a) temperatura das partículas do gás;
- b) volume próprio do gás;
- c) volume do recipiente ocupado por ele;
- d) volume que o gás ocupa, sendo este constante.

Resposta: letra c.

4º Teste conceitual) A Equação de Clapeyron relaciona _____. Qual das alternativas abaixo completa corretamente a lacuna?

- a) apenas volume, temperatura e pressão;
- b) pressão, volume e constante universal dos gases perfeitos;
- c) pressão, volume, temperatura, número de mols e a constante universal dos gases perfeitos;
- d) temperatura, volume, constante universal dos gases perfeitos e número de mols.

Resposta: letra c.

5º Teste conceitual) Pode-se compreender o mol como:

- a) o volume do gás;
- b) o número de elétrons;
- b) a constante de Avogadro;
- d) a quantidade de matéria microscópica (átomos, moléculas etc.).

Resposta: letra d.

Após o envio das respostas de forma individual, a professora solicitará que os alunos discutam **suas respostas com os colegas do seu grupo (trios)**, através do aplicativo de mensagens WhatsApp, **e deverão convencer um ao outro de suas respostas**. Após terem discutido, os alunos deverão solicitar o novo formulário para registrar suas novas **respostas e a professora irá avaliá-las**. O prazo para entregar o segundo formulário é de até três dias, contados a partir da data da aula síncrona. Caso o percentual, relativo ao número de alunos que responderam o formulário, das respostas corretas estiver **abaixo de 30%**, **a professora explicará novamente o conteúdo na próxima aula e aplicará novos testes conceituais**, que se encontram no Complemento B₂₃, se o percentual estiver **acima de 70%**, **a professora revisará brevemente o conceito no início da próxima aula, a alternativa correta, discutindo o motivo pelo qual as outras alternativas estão incorretas e, então, passará para o próximo tópico a ser estudado**. Se a professora identificar um percentual **entre 30% e 70%**, no início da próxima aula, **os alunos deverão realizar novamente a discussão das suas respostas com o seu grupo**, através do WhatsApp, e, por fim, deverão solicitar o novo formulário para **as respostas serem registradas e avaliadas pela professora**. Por fim, os resultados serão divulgados pela professora.

Caso a porcentagem das respostas corretas ainda **permanecer abaixo de 30%** após a realização dos testes conceituais extras, **a professora explicará novamente o conteúdo e aplicará novamente os primeiros testes conceituais já realizados**.

SEMANA 3

No primeiro momento da aula desta semana, serão discutidos, de acordo com os resultados da análise percentual, os testes conceituais da aula anterior. Após feita a discussão, a aula será dedicada a realização de **exemplos de situações-problema e exercícios** sobre os conteúdos estudados até aqui. Portanto, os exemplos listados abaixo, os quais serão resolvidos e discutidos com os alunos, serão disponibilizados através de slides, conforme o Complemento C₂₃, bem como a primeira lista de exercícios, cujo desenvolvimento está apresentado no Complemento D₂₃.

Exemplos:

1. Num recipiente de volume igual a 41 litros, acham-se 5 mols de um gás perfeito à temperatura de 300 K. Determine a pressão do gás nestas condições. Dado: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$.

Resposta:

Do enunciado do problema, temos:

$n = 5$ mols

$V = 41$ litros

$T = 300$ K

Utilizando a Equação de Clapeyron, obtém-se:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot 41 = 5 \cdot 0,082 \cdot 300 \text{ (isolando } P \text{)}$$

$$P = \frac{5 \cdot 0,082 \cdot 300}{41}$$

$$\mathbf{P = 3 atm}$$

2. Um botijão de oxigênio de 20 litros contém n mols do gás a uma pressão de 10 atm e temperatura de 27 °C. Utilizou-se de parte do gás, com o que a pressão caiu para 6 atm (à mesma temperatura). Quantos gramas do gás foram utilizados? Dados: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$ e $M(O_2) = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Resposta:

Do enunciado, temos:

$V = 20$ litros

$P = 10$ atm (antes de utilizar o gás)

$T = 27$ °C (transformando para kelvin: $T_K = 27 + 273$; $T_K = 300$ K)

$P' = 6$ atm (pressão após utilizar o gás)

Utilizando a Equação de Clapeyron, iremos descobrir primeiramente qual o número de mols que havia **antes do gás ser utilizado**:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$10 \cdot 20 = n \cdot 0,082 \cdot 300 \text{ (isolando } n \text{)}$$

$$n = \frac{10.20}{0,082.300}$$

$$n = 8,13 \text{ mols}$$

Depois do gás ser utilizado:

$$P'. V = n'. R. T$$

$$6.20 = n'. 0,082.300 (\text{isolando } n')$$

$$n' = \frac{6.20}{0,082.300}$$

$$n' = 4,88 \text{ mols}$$

Portanto, fazendo a subtração, obtém-se:

$$n - n' = 8,13 - 4,88$$

$$n_{\text{Resultante}} = 3,25 \text{ mols após o gás ser utilizado}$$

Através da **equação que calcula o número de mols do gás**, obtém-se a massa do gás que foi utilizada:

$$n_{\text{Resultante}} = \frac{m}{M} (\text{isolando } m)$$

$$m = n_{\text{Resultante}} \cdot M$$

$$m = 3,25.32$$

$$\mathbf{m = 104 \text{ g}}$$

A resolução da lista pelos alunos deverá ser apresentada à professora, de forma individual, para que faça a devida avaliação. Durante a resolução, os alunos poderão discutir com os colegas de seu grupo, através do WhatsApp. Tal apresentação poderá ser feita através do envio de fotos do caderno, digitalização, arquivo de texto (.doc), etc. O prazo para o envio será de até dois dias antes da próxima aula.

AValiação

A avaliação será realizada ao decorrer das aulas através da participação dos alunos, principalmente durante as discussões dos testes conceituais e, por fim, da apresentação das resoluções da lista de exercícios. Não serão atribuídas notas às atividades, porém a realização delas será verificada e contará para a nota final da avaliação escolar qualitativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GEOCITIES. Testes de Física. Disponível em:
<http://www.geocities.ws/saladefisica2/testes/gases.html>. Acesso em: 01 jun. 2020.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Livro eletrônico não paginado.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**. 1 ed. São Paulo: Scipione, 2006. 2 v.

MINHAS AULAS DE FÍSICA. Gases perfeitos. Disponível em:
http://2.bp.blogspot.com/--Gc36tAbZKQ/T-eTfPksa_I/AAAAAAAAACIs/U_7htE5rqLA/s400/gp1.png. Acesso em: 15 jun. 2020.

PHET. **Gases**: introdução. versão 1. 0. 5. Colorado: University of Colorado, 2020. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_pt_BR.html. Acesso em: 15 set. 2020.

SABER ATUALIZADO. Por que o calor vai do quente para o frio? Disponível em:
https://2.bp.blogspot.com/-whZO3Y-ST80/WYGP-qGOv6I/AAAAAAAAAyyM/FxW0ezBCvQwzRplqgPUI1gmiZzBYwfpSACLcBGAs/s1600/bt2lf0403_a.jpg. Acesso em: 10 jun. 2020.

VÁLIO, Adriana Benetti Marques. et al. **Ser protagonista: física, 2º ano**. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016. 3 v.

COMPLEMENTO A₂₃ESTUDO DO
COMPORTAMENTO
DOS GASES

Variáveis de estado de um gás,
Equação de Clapeyron, Princípio de
Avogadro e quantidade de matéria

Semana 2



Introdução

- A matéria pode se apresentar em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso, além do estado de plasma e o condensado de Bose-Einstein;
- Nosso estudo focará na matéria em sua forma gasosa e aprenderemos mais sobre seu comportamento neste estado;
- Sabemos, por exemplo, que o oxigênio atmosférico se caracteriza como um gás, assim como o nitrogênio, o gás carbônico ou o dióxido de carbono etc;
- O estudo do comportamento dos gases compreende a análise da matéria quando se apresenta no estado gasoso e pode ser iniciado através do conhecimento das variáveis de estado de um gás.

Figura 1 – Estados da matéria: sólido, líquido e gasoso



Fonte: Brasil Escola [2020].

Variáveis de estado de um gás

- **Volume (V):** os gases não têm volume e nem forma próprios. Por definição, **o volume de um gás é o volume do recipiente ocupado por ele.** Exemplo: um balão cheio de gás hélio, conforme a figura 1.

Figura 2 – Volume do gás representado pelo volume do balão



Fonte: Elaborada pela autora.

Variáveis de estado de um gás

- **Pressão (P):** a pressão de um gás é **devida aos choques das moléculas contra as paredes do recipiente.** A pressão é uma grandeza escalar, definida como a razão entre a intensidade da força resultante, normal à superfície, e a área dessa superfície. Veja a figura 2.

$$P = \frac{F}{A}$$

Onde:

P = pressão [Pa (pascal)]

F = força resultante [N (newton)]

A = área da superfície [m^2 (metro quadrado)]

Figura 3 – Pressão de um gás representada em termos da força aplicada pelas suas moléculas contra as paredes do recipiente



Fonte: Monte (2012).

As unidades mais usadas para pressão são pascal (Pa), atmosfera (atm) e milímetro de mercúrio (mmHg). A relação entre essas unidades é: **1 atm = 760 mmHg = 10^5 Pa**

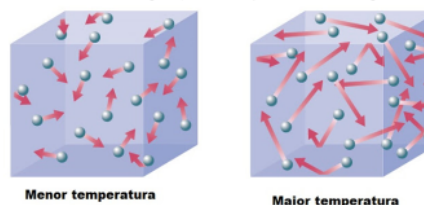
Variáveis de estado de um gás

- **Temperatura (T):** **mede o estado de agitação das partículas do gás,** conforme a figura 3. Aqui será utilizada a unidade de medida kelvin (SI), cuja equivalência em relação à escala Celsius pode ser obtida pela equação:

$$\frac{T_{°C}}{5} = \frac{T_K - 273}{5}$$

$$T_{°C} = T_K - 273$$

Figura 4 – A temperatura como medida do estado de agitação das partículas do gás



Fonte: Saber Atualizado (2016).

As unidades de medida mais usadas para temperatura são graus Celsius ($^{\circ}C$), graus Fahrenheit ($^{\circ}F$) e kelvin (K) [unidade padrão de temperatura segundo o Sistema Internacional de Unidades].

Equação de Clapeyron

Lembrando sempre que está se tratando do conceito de **gás perfeito, que é um modelo teórico de gás**, cujas grandezas físicas associadas, pressão, volume, temperatura e número de mols, estão relacionadas pela **Equação de Clapeyron**, dada por:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Onde:

P = pressão [atm (atmosfera)]

V = volume [l (litros)]

n = número de mols

R = constante universal dos gases perfeitos ou constante de Clapeyron ($R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$)

T = temperatura [K (kelvin)]

Figura 5 – Benoit-Pierre-Émile Clapeyron (1771-1868)



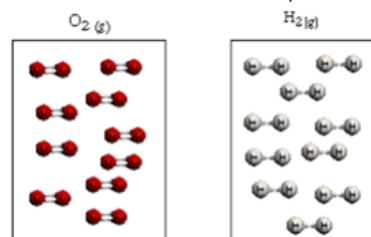
Fonte: Les Annales des Mines [2020].

Princípio de Avogadro

- O **princípio** diz que volumes iguais de quaisquer gases, medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de partículas, sejam estas átomos ou moléculas;
- A **constante de Avogadro** é uma constante física fundamental que **representa o número de entidades elementares (átomos, moléculas, íons etc.) contidas em um mol**.

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{partículas/mol}$$

Figura 6 – Volumes iguais dos gases, sob mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de partículas



Fonte: LAS MARAVILLAS DE NUESTRA CIENCIA (2019).

Quantidade de matéria

- O **mol** é uma unidade de medida utilizada para expressar a quantidade de matéria microscópica, como átomos e moléculas;
- O cálculo do número de mols do gás é feito dividindo-se a massa total do gás pela **massa de um mol, chamada de massa molar**, desse gás ou pelo quociente entre o número de partículas N existentes na amostra e o número de Avogadro N_A :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

Onde:

n = número de mols

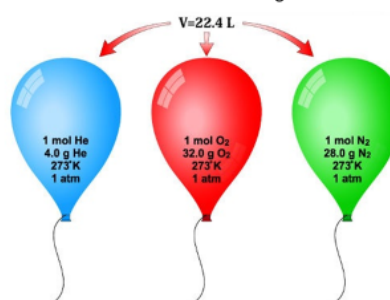
m = massa do gás [g (grama)]

M = massa molar [g/mol]

N = número de partículas

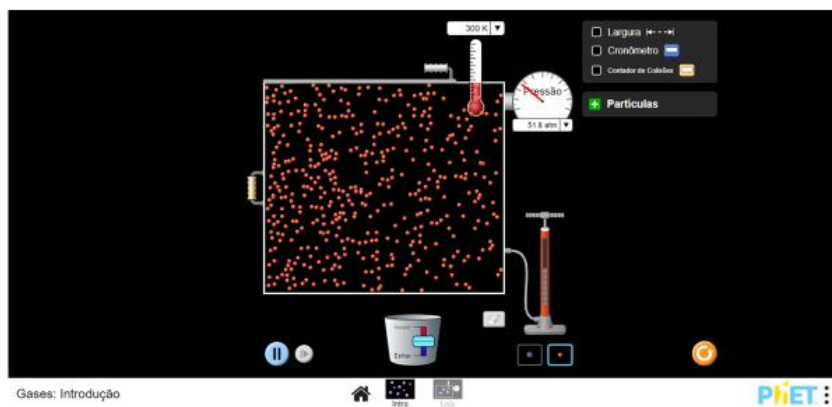
N_A = constante de Avogadro ($N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{partículas/mol}$)

Figura 7 – Balões com 1 mol de gases diferentes, com suas respectivas massas, e variáveis de estado iguais



Fonte: Brasil Escola [2020]

Simulador – Variáveis de estado de um gás



Link do simulador: https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_pt_BR.html

Testes conceituais 1-5 (Forms)

COMPLEMENTO B₂₃**TESTES CONCEITUAIS EXTRAS – SEMANA 2**

1. A variável de estado de um gás denominada pressão é compreendida como:
- a) o choque das moléculas do gás contra a parede do recipiente que o contém;
 - b) o choque entre as moléculas do gás;
 - c) a força de atração entre as moléculas;
 - d) a força repulsiva entre as moléculas.

Resposta: letra a.

2. A temperatura de um gás é definida como:
- a) a medida de calor;
 - b) uma forma de calor;
 - c) a variável que mede o estado de agitação das partículas do gás;
 - d) uma constante que indica a quantidade de calor.

Resposta: letra c.

3. Sabe-se que o volume de um gás:
- a) possui forma própria;
 - b) é sempre constante;
 - c) não possui forma própria, sendo considerado o volume do recipiente que ele ocupa;
 - d) não se caracteriza como uma variável de estado.

Resposta: letra c.

4. Há uma equação matemática, chamada de Equação de Clapeyron, que relaciona as seguintes variáveis de estado de um gás:
- a) volume, pressão e número de mols;
 - b) pressão, calor e volume;
 - c) volume e pressão;
 - d) volume, pressão e temperatura.

Resposta: letra d.

5. A definição correta que caracteriza o mol é:
- a) medida de quantidade de matéria microscópica;
 - b) medida de volume;
 - c) grandeza física associada ao calor;
 - d) unidade de medida de volume.

Resposta: letra a.

COMPLEMENTO C₂₃ESTUDO DO
COMPORTAMENTO
DOS GASESExemplos e exercícios de problemas
numéricos

Semana 3



Exemplos

1. Num recipiente de volume igual a 41 litros, acham-se 5 mols de um gás perfeito à temperatura de 300 K. Determine a pressão do gás nestas condições. Dado: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$.

Resposta:

Do enunciado do problema, temos:

 $n = 5$ mols $V = 41$ litros $T = 300$ K

Utilizando a Equação de Clapeyron, obtém-se:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot 41 = 5,0,082 \cdot 300 \text{ (isolando } P\text{)}$$

$$P = \frac{5,0,082 \cdot 300}{41}$$

$$P = 3 \text{ atm}$$

Exemplos

2. Um botijão de oxigênio de 20 litros contém n mols do gás a uma pressão de 10 atm e temperatura de 27 °C. Utilizou-se de parte do gás, com o que a pressão caiu para 6 atm (à mesma temperatura). Quantos gramas do gás foram utilizados? Dados: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$ e $M(O_2) = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Resposta:

Do enunciado, temos:

 $V = 20$ litros $P = 10$ atm (antes de utilizar o gás) $T = 27$ °C (transformando para kelvin: $T_K = 27 + 273$; $T_K = 300$ K) $P' = 6$ atm (pressão após utilizar o gás)

Exemplos

Continuação da resposta:

Utilizando a Equação de Clapeyron, iremos descobrir primeiramente qual o número de mols que havia **antes do gás ser utilizado**:

$$\begin{aligned}
 P \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\
 10.20 &= n \cdot 0,082.300 (\text{isolando } n) \\
 n &= \frac{10.20}{0,082.300} \\
 n &= 8,13 \text{ mols}
 \end{aligned}$$

Exemplos

Continuação da resposta:

Depois do gás ser utilizado:

$$\begin{aligned}
 P' \cdot V &= n' \cdot R \cdot T \\
 6.20 &= n' \cdot 0,082.300 (\text{isolando } n') \\
 n' &= \frac{6.20}{0,082.300} \\
 n' &= 4,88 \text{ mols}
 \end{aligned}$$

Portanto, fazendo a subtração, obtém-se:

$$\begin{aligned}
 n - n' &= 8,13 - 4,88 \\
 n_{\text{Resultante}} &= 3,25 \text{ mols após o gás ser utilizado}
 \end{aligned}$$

Exemplos

Continuação da resposta:

Através da **equação que calcula o número de mols do gás**, obtém-se a massa do gás que foi utilizada:

$$\begin{aligned}
 n_{\text{Resultante}} &= \frac{m}{M} (\text{isolando } m) \\
 m &= n_{\text{Resultante}} \cdot M \\
 m &= 3,25.32 \\
 m &= 104 \text{ g}
 \end{aligned}$$



Exercícios

1. Um recipiente rígido de 4,1 litros é dotado de uma válvula de segurança, cuja abertura ocorre quando a pressão interna atinge 40 atm. Se o recipiente contém 5 mols de um gás perfeito, a máxima temperatura no seu interior é de quanto? Dado: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$.
2. Um volume de 8,2 litros é ocupado por 64 g de gás oxigênio à temperatura de 27 °C. Qual é a pressão no interior do recipiente? Considere o oxigênio um gás perfeito. Dados: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$ e $M(O_2) = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

COMPLEMENTO D₂₃

RESOLUÇÃO DA LISTA DE EXERCÍCIOS 1

1. Um recipiente rígido de 4,1 litros é dotado de uma válvula de segurança, cuja abertura ocorre quando a pressão interna atinge 40 atm. Se o recipiente contém 5 mols de um gás perfeito, a máxima temperatura no seu interior é de quanto? Dado:

$$R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}.$$

Resposta:

Do enunciado, temos:

V= 4,1 litros

P= 40 atm

n= 5 mols

Utilizando a Equação de Clapeyron, obtém-se:

$$\begin{aligned} P \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\ 40 \cdot 4,1 &= 5 \cdot 0,082 \cdot T \text{ (isolando } T) \\ T &= \frac{40 \cdot 4,1}{5 \cdot 0,082} \\ T &= \mathbf{400 \text{ K}} \end{aligned}$$

2. Um volume de 8,2 litros é ocupado por 64 g de gás oxigênio à temperatura de 27 °C. Qual é a pressão no interior do recipiente? Considere o oxigênio um gás perfeito.

Dados: $R \cong 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$ e $M(\text{O}_2) = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$.

Resposta:

Do enunciado, temos: V= 8,2 litros

m= 64 g

T= 27 °C (em kelvin, 300 K)

Primeiro devemos saber qual o número de mols do gás:

$$\begin{aligned} n &= \frac{m}{M} \\ n &= \frac{64}{32} \\ n &= \mathbf{2 \text{ mols}} \end{aligned}$$

Utilizando a Equação de Clapeyron, obtém-se:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot 8,2 = 2.0,082.300 \text{ (isolando } P)$$

$$P = \frac{2.0,082.300}{8,2}$$

$$\mathbf{P = 6 atm}$$

PLANO DE AULA – SEMANAS 4 E 5

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA INSTITUIÇÃO/ SÉRIE/ PERÍODO/ DISCIPLINA

Nome da instituição: Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato

Curso: Ensino Médio

Disciplina: **FÍSICA**

Série: 2º ano

Ano: 2020

Carga horária: 4 períodos de 50 minutos

CRONOGRAMA DAS AULAS

Semana 4 – Transformações gasosas e Lei geral dos gases ideais + Demonstrações experimentais + Testes conceituais;

Semana 5 – Exemplos de situações-problema + Exercícios + Trabalho avaliativo.

OBJETIVOS DAS AULAS

- Diferenciar e caracterizar as transformações gasosas;
 - Entender e aplicar a lei geral dos gases ideais;
 - Compreender as transformações gasosas através de demonstrações experimentais;
 - Aplicar os conhecimentos teóricos sobre as transformações gasosas à vida cotidiana.
-

LISTAGEM DO CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Transformações gasosas;

Lei geral dos gases ideais.

METODOLOGIA, RECURSOS DIDÁTICOS E DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO

SEMANA 4

*Nesta aula será iniciado o próximo conteúdo, as **transformações gasosas**, através de uma apresentação expositiva, utilizando videoconferência pela plataforma Google Meet, por cerca de 30 minutos. Além da apresentação expositiva, serão utilizados três simuladores online, denominados “Isothermal process”, “Isobaric process” e “Isochoric process”. (VAŠČÁK, (2020?)). Os conteúdos trabalhados, bem como os links para acesso aos simuladores, serão disponibilizados através de slides aos alunos, os quais constam no Complemento A₄₅. A aula iniciará pela apresentação das transformações gasosas (isotérmica, isobárica e isovolumétrica).*

Após compreender as variáveis de estado de um gás, iniciaremos o estudo das transformações gasosas. Tais transformações estão presentes no dia-a-dia, como ocorrem, por exemplo, com o vapor da água dentro da panela de pressão, com o gás no interior dos balões de ar quente, com o ar que ocupa uma seringa com êmbolo etc. Portanto, **uma transformação gasosa se caracteriza quando determinada quantidade de gás sofre variação em pelo menos duas de suas três variáveis de estado**: volume, pressão e temperatura. Entre as transformações de um gás serão destacadas as seguintes:

Transformação isotérmica: **temperatura permanece constante, pressão e volume variam**, conforme figura 1. Quando um gás sofre uma transformação desse tipo, **a variação da pressão ocorre de forma inversamente proporcional à mudança de volume**, por exemplo, conforme a pressão diminui, o volume aumenta e vice-versa. Essa é a transformação que ocorre quando aplicamos lentamente uma pressão externa sobre o êmbolo de uma seringa, situação da qual falamos anteriormente. Se aumentarmos a pressão, o volume do ar ocupado dentro da seringa diminuirá, e vice-versa. Para visualizarmos melhor esse fato, faremos um experimento na penúltima semana de aula deste projeto. Podemos escrever matematicamente a transformação isotérmica como:

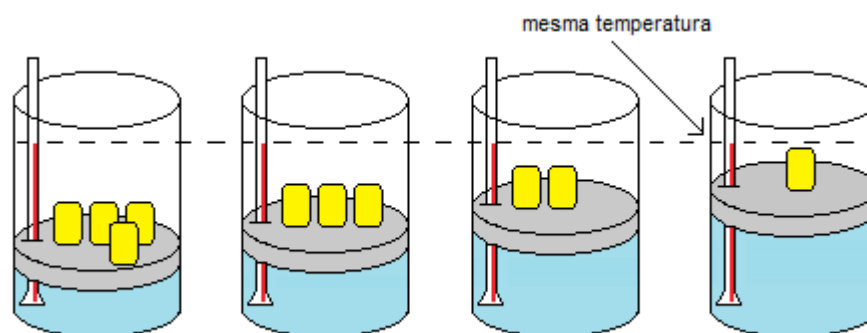
$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

Onde:

P_i e V_i = pressão [atm] e volume [l] iniciais

P_f e V_f = pressão [atm] e volume [l] finais

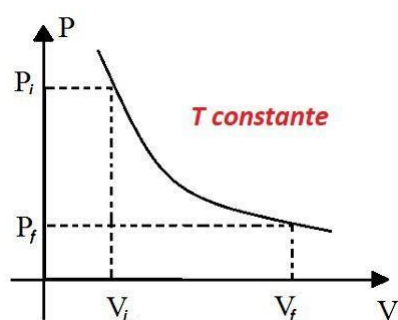
Figura 1 – Transformação isotérmica: a temperatura permanece constante, o volume e a pressão variam



Fonte: InfoEscola (2010).

Graficamente, temos:

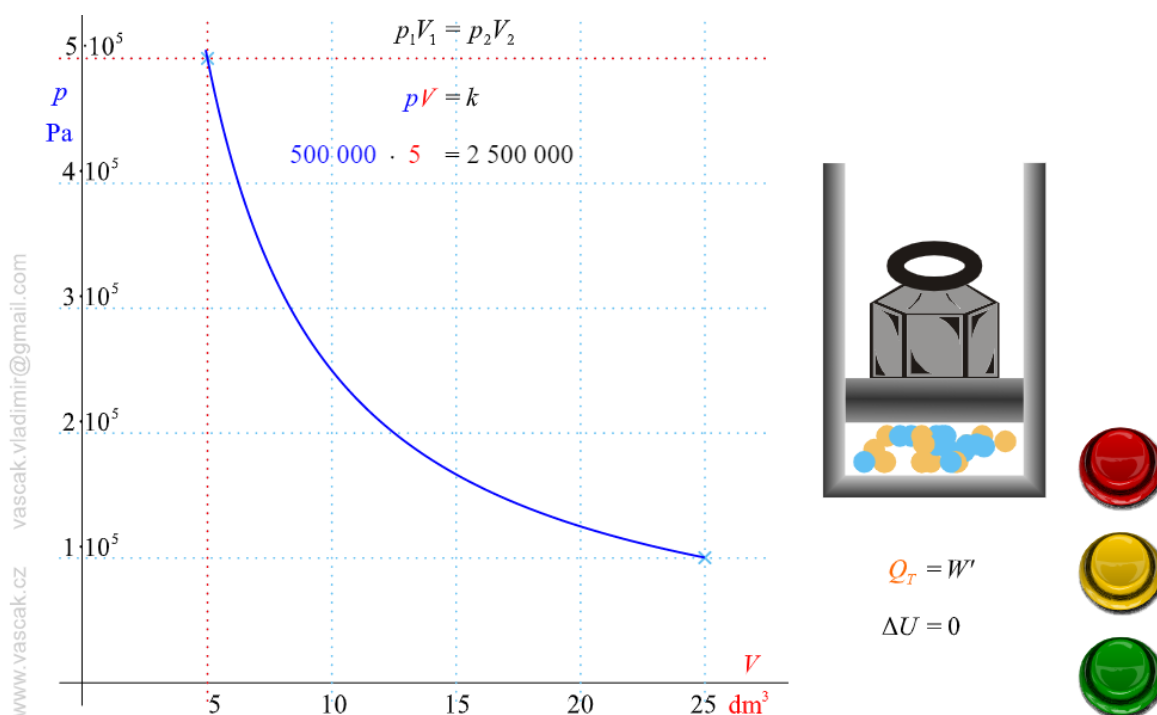
Figura 2 – Gráfico da transformação isotérmica – pressão (atm) versus volume (l)



Fonte: Elaborada pela autora.

Após a apresentação da transformação isotérmica feita pela professora, será utilizado um simulador online, denominado “Isothermal process”, conforme mostra a figura 3, para demonstrar graficamente como funciona a transformação gasosa em questão.

Figura 3 – Simulador online denominado “*Isothermal process*” que demonstra graficamente o funcionamento de uma transformação gasosa isotérmica



Fonte: Vaščák (2020?).

Transformação isobárica: **pressão permanece constante, temperatura e volume variam**, conforme a figura 4. **A razão entre o volume e a temperatura absoluta de uma determinada massa de gás durante uma transformação isobárica é constante.** Esse tipo de transformação gasosa ocorre com o gás do balão de ar quente, do qual falamos anteriormente. Ao ser preenchido, o gás no interior dos balões de ar quente aumenta de volume e de temperatura, mas sua pressão permanece constante. Podemos escrever matematicamente a transformação isobárica como:

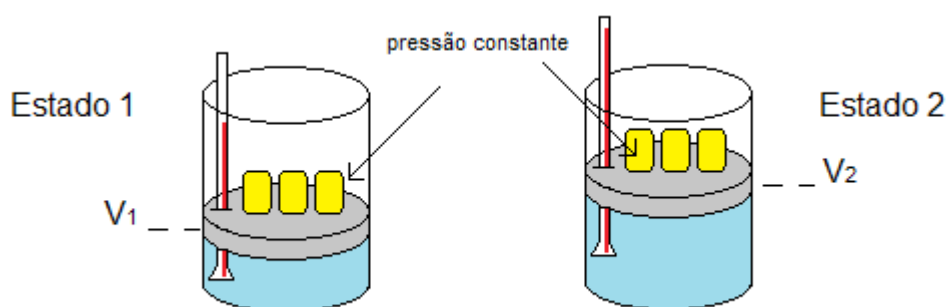
$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

Onde:

V_i e T_i = volume [l] e temperatura [K] iniciais

V_f e T_f = volume [l] e temperatura [K] finais

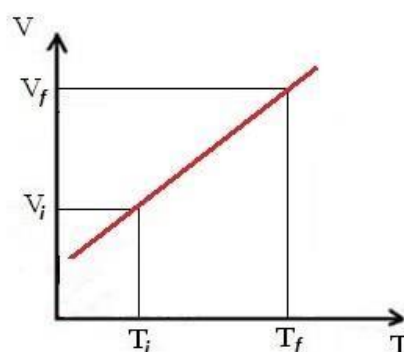
Figura 4 – Transformação isobárica: a pressão permanece constante, a temperatura e o volume variam



Fonte: InfoEscola (2010).

Graficamente, temos:

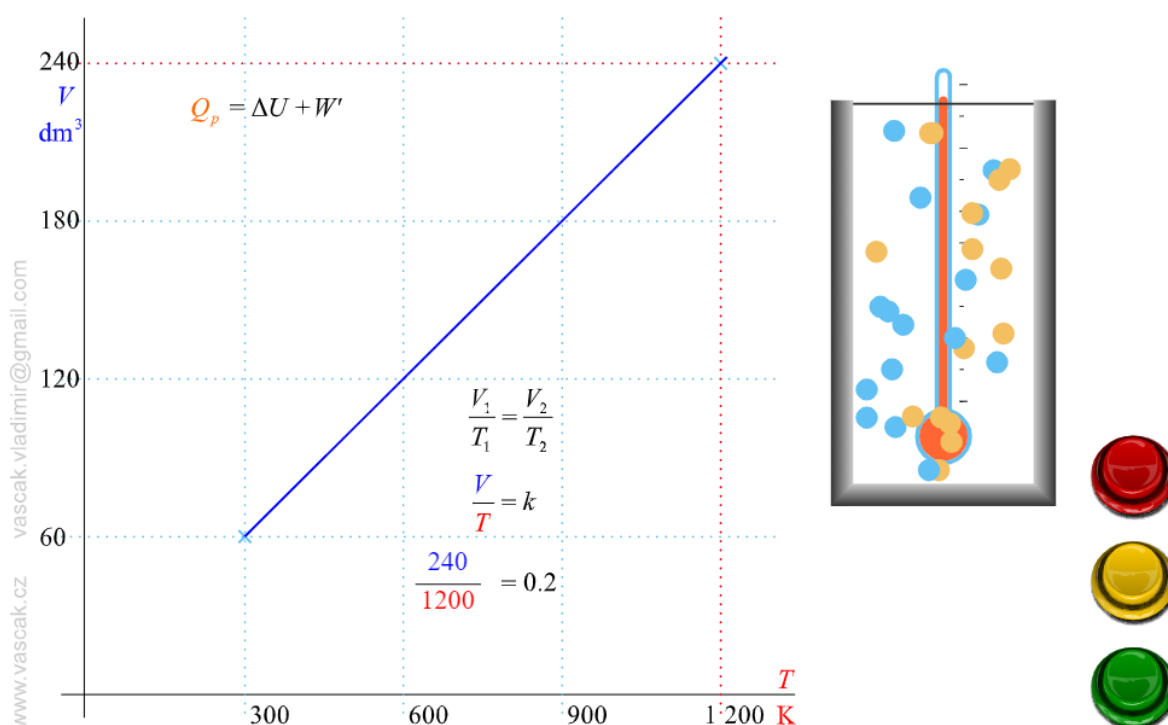
Figura 5 – Gráfico da transformação isobárica – volume (V) versus temperatura (K)



Fonte: Elaborada pela autora.

Após a apresentação da transformação isobárica feita pela professora, será utilizado um simulador online, denominado “Isobaric process”, conforme a figura 6, para demonstrar graficamente como funciona a transformação gasosa em questão.

Figura 6 – Simulador online denominado “*Isobaric process*” que demonstra graficamente o funcionamento de uma transformação gasosa isobárica



Fonte: Vaščák (2020?).

Transformação isovolumétrica/isocórica/isométrica: **volume permanece constante, temperatura e pressão variam**, conforme a figura 7. **A razão entre a pressão e temperatura** absoluta de determinada massa de gás durante uma transformação isovolumétrica **é constante**. Esse é o tipo de transformação que ocorre com o vapor da água na panela de pressão. Tal situação será estudada nas próximas aulas. Podemos escrever matematicamente a transformação isovolumétrica como:

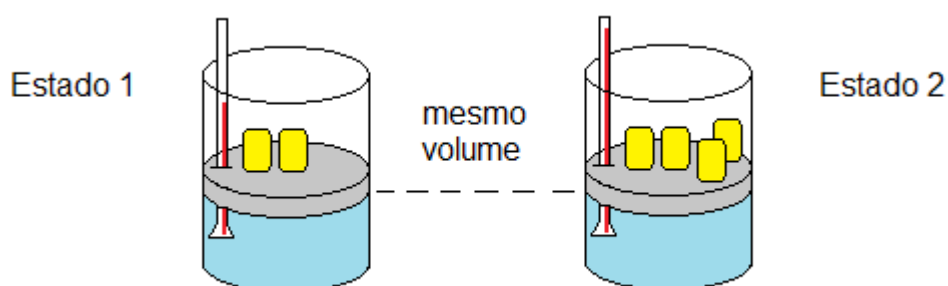
$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$$

Onde:

P_i e T_i = pressão [atm] e temperatura [K] iniciais

P_f e T_f = pressão [atm] e temperatura [K] finais

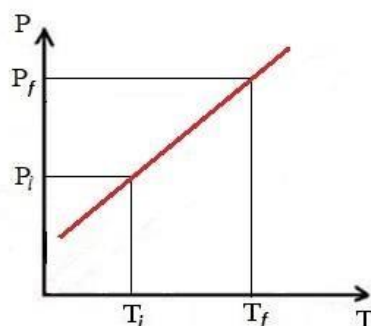
Figura 7 – Transformação isovolumétrica: o volume permanece constante, a temperatura e a pressão variam



Fonte: InfoEscola (2010).

Graficamente, temos:

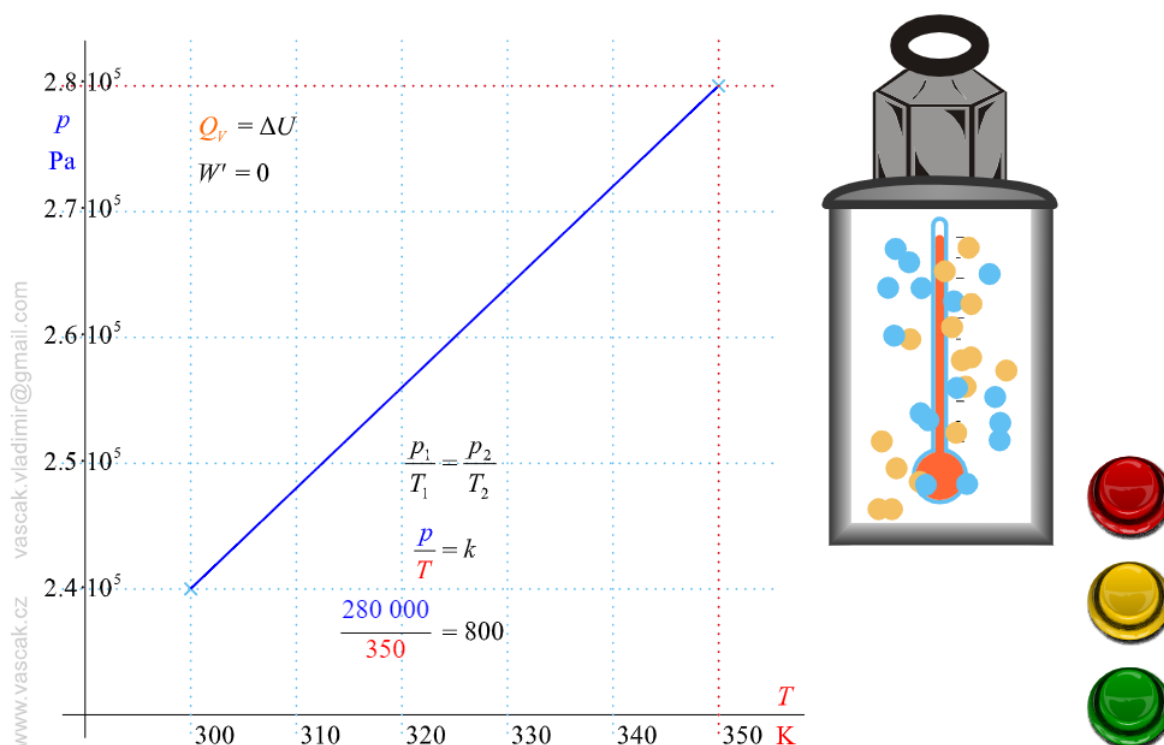
Figura 8 – Gráfico da transformação isovolumétrica – pressão (atm) versus temperatura (K)



Fonte: Elaborada pela autora.

Após a apresentação da transformação isovolumétrica feita pela professora, será utilizado um simulador online, denominado “Isochoric process”, conforme a figura 9, para demonstrar graficamente como funciona a transformação gasosa em questão.

Figura 9 – Simulador online denominado “*Isochoric process*” que demonstra graficamente o funcionamento de uma transformação gasosa isocórica



Fonte: Vaščák (2020?).

A **Lei geral dos gases ideais** rege qualquer transformação de uma dada massa de gás perfeito ($n = \text{constante}$). Na Equação de Clapeyron, fazendo o número de mols (n) constante, obtemos:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow \frac{P \cdot V}{T} = n \cdot R = \text{constante}$$

Assim, quando uma dada massa de gás sofre uma transformação, indo de um estado inicial (i) para um estado final (f), vale a relação denominada **lei geral dos gases**:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Após a apresentação das transformações gasosas e a lei geral dos gases ideais, serão aplicados os **testes conceituais** abaixo, através da plataforma Google Forms, os quais deverão ser analisados e respondidos individualmente por cada aluno até duas horas após a aula online.

1º Teste conceitual) Numa transformação isotérmica, de dada massa de um gás, a temperatura:

- a) aumenta;
- b) diminui;
- c) permanece constante;
- d) varia de acordo com o volume.

Resposta: letra c.

2º Teste conceitual) A pressão numa transformação isobárica:

- a) diminui;
- b) permanece constante;
- c) aumenta;
- d) varia com o passar do tempo.

Resposta: letra b.

3º Teste conceitual) A transformação isovolumétrica diz que:

- a) o volume permanece constante;
- b) o volume aumenta;
- c) o volume diminui;
- d) o volume varia.

Resposta: letra a.

4º Teste conceitual) Para aumentar a pressão que um gás exerce, devemos:

- a) aumentar sua temperatura e aumentar seu volume;
- b) aumentar sua temperatura e conservar seu volume;
- c) diminuir sua temperatura e aumentar seu volume;
- d) diminuir sua temperatura e conservar seu volume.

Resposta: letra b.

5º Teste conceitual) Aquecendo-se um gás em recipiente fechado e indeformável, ele:

- a) aumenta de volume e de pressão;
- b) conserva o volume e a pressão;
- c) conserva o volume e aumenta a pressão;

d) aumenta de volume e diminui a pressão.

Resposta: letra c.

6º Teste conceitual) Se diminuirmos o volume de um recipiente fechado contendo gás e mantivermos constante a temperatura, a pressão do gás:

- a) aumentará;
- b) diminuirá;
- c) não sofrerá alteração;
- d) dependendo do gás, aumentará ou diminuirá.

Resposta: letra a.

7º Teste conceitual) Por que um gás se expande quando aquecido?

- a) as moléculas aumentam de tamanho;
- b) os gases não se expandem, eles se contraem quando aquecidos;
- c) as moléculas se movem mais rapidamente, o que causa mais pressão, e consequentemente expansão;
- d) por que o gás aumenta de densidade.

Resposta: letra c.

*Após o envio das respostas de forma individual, a professora solicitará que os alunos discutam **suas respostas com os colegas do seu grupo**, através do aplicativo de mensagens WhatsApp, e **deverão convencer um ao outro de suas respostas**. Após terem discutido, os alunos deverão solicitar o novo formulário para **as novas respostas serem registradas e a professora irá avaliá-las**. O prazo para entregar o segundo formulário é de até três dias, contados a partir da data da aula síncrona. Caso o percentual, relativo ao número de alunos que responderam o formulário, das respostas corretas estiver **abaixo de 30%**, **a professora explicará novamente o conteúdo na próxima aula e aplicará novos testes conceituais**, que se encontram no Complemento B₄₅, se o percentual estiver **acima de 70%**, **a professora revisará brevemente o conceito no início da próxima aula, a alternativa correta, discutindo o motivo pelo qual as outras alternativas estão incorretas e, então**, passará para o próximo tópico a ser estudado. Se a professora identificar um percentual **entre 30% e 70%**, **os alunos deverão realizar novamente a discussão das suas respostas com o seu grupo**, no início da próxima aula,*

através do WhatsApp, e, por fim, deverão solicitar o novo formulário para **as respostas serem registradas e avaliadas pela professora**. Por fim, os resultados deverão ser divulgados pela professora.

Caso a porcentagem das respostas corretas **permanecer abaixo de 30%** após a realização dos testes conceituais extras, **a professora explicará novamente o conteúdo e aplicará novamente os primeiros testes conceituais já realizados**.

Por fim, serão recomendados alguns **vídeos com demonstrações experimentais**, com intuito de compreender melhor os fenômenos físicos estudados até aqui, um experimento caseiro com a panela de pressão e alguns **questionamentos reflexivos** sobre os assuntos tratados nesta aula, nos quais os alunos poderão trabalhar em grupos de forma interativa, cooperativa e dialógica, através da plataforma WhatsApp. As análises dos questionamentos deverão ser entregues por grupo, através da plataforma Google Classroom, até a próxima semana de aula. O roteiro com as instruções para assistir aos vídeos, fazer o experimento com a panela de pressão e os respectivos questionamentos constam no Complemento B₄₅.

SEMANA 5

No primeiro momento da aula desta semana, serão discutidos, de acordo com os resultados da análise percentual, os testes conceituais da aula anterior. Após feita a discussão, a aula será dedicada a realização de **exemplos de situações-problema e exercícios** sobre os conteúdos estudados até aqui, além da aplicação de um trabalho avaliativo no final da aula. Portanto, os exemplos listados abaixo, os quais serão resolvidos e discutidos com os alunos, serão disponibilizados através de slides, conforme o Complemento D₄₅, bem como a segunda lista de exercícios, que tem seu desenvolvimento apresentado no Complemento E₄₅.

Exemplos:

1. Em um recipiente fechado, certa massa de gás ideal ocupa um volume de 10 litros a 293 K. Se este gás for aquecido até 310 K, sob pressão constante, seu volume será de quanto?

Resposta:

Do enunciado, temos:

$P = \text{constante}$

$V_i = 10 \text{ litros}$

$T_i = 293 \text{ K}$

$T_f = 310 \text{ K}$

$V_f = ?$

Como a **pressão é constante**, sabemos que se trata de uma **transformação isobárica**, portanto:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f} \text{ (isolando } V_f \text{)}$$

$$V_f = \frac{V_i \cdot T_f}{T_i}$$

$$V_f = \frac{10 \cdot 310}{293}$$

$$V_f = 10,58 \text{ l}$$

2. Numa experiência, um cientista retira de uma máquina frigorífica, à temperatura de -15°C , um recipiente contendo ar à pressão de 2,17 atm, levando-o em seguida até uma estufa em que a temperatura é 35°C . Considerando que o volume do recipiente não varia, calcule a pressão do ar no estado de equilíbrio final.

Resposta:

Do enunciado, temos:

$V = \text{constante}$

$T_i = -15^\circ\text{C}$

$P_i = 2,17 \text{ atm}$

$T_f = 35^\circ\text{C}$

$P_f = ?$

Convertendo as temperaturas para K:

$$T^\circ\text{C} = T_K - 273$$

$$T_K = -15 + 273 = 258 \text{ K}$$

$$T_K = 35 + 273 = 308 \text{ K}$$

Sabendo que **o volume não sofre alteração**, podemos concluir que se trata de uma **transformação isovolumétrica**, portanto, utilizando a equação desse tipo de transformação:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \text{ (isolando } P_f \text{)}$$

$$P_f = \frac{P_i \cdot T_f}{T_i}$$

$$P_f = \frac{2,17 \cdot 308}{258}$$

$$P_f = 2,59 \text{ atm}$$

3. Certa massa de gás hidrogênio (H_2) ocupa um volume de 760 cm^3 , sob pressão de $0,164 \text{ atm}$, em uma dada temperatura. Qual o volume ocupado pela mesma massa de H_2 , na mesma temperatura, sob pressão de $0,100 \text{ atm}$?

Resposta:

Do enunciado, temos:

$T = \text{constante}$

$V_i = 0,76 \text{ litros}$

$P_i = 0,164 \text{ atm}$

$P_f = 0,100 \text{ atm}$

$V_f = ?$

Sabendo que a **temperatura se mantém constante**, utilizando a equação da **transformação isotérmica** obtemos:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f \text{ (isolando } V_f \text{)}$$

$$V_f = \frac{P_i \cdot V_i}{P_f}$$

$$V_f = \frac{0,164 \cdot 0,76}{0,100}$$

$$V_f = 1,25 \text{ l}$$

4. Uma dada massa de gás perfeito está num recipiente de volume 8 litros , à temperatura de 7°C , exercendo uma pressão de 4 atm . Reduzindo-se o volume para 6 litros e aquecendo o gás, a sua pressão passou a ser 10 atm . Determine a temperatura que o gás foi aquecido.

Resposta:

Do enunciado, temos:

$V_i = 8$ litros

$T_i = 7$ °C

$P_i = 4$ atm

$V_f = 6$ litros

$P_f = 10$ atm

$T_f = ?$

Convertendo as temperaturas para K:

$$T_{^{\circ}\text{C}} = T_K - 273 \quad T_K = 7 + 273 = 280 \text{ K}$$

Como a **massa de gás se mantém constante**, podemos aplicar a **lei geral dos gases ideais**. Assim:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \quad (\text{isolando } T_f)$$

$$T_f = \frac{P_f V_f T_i}{P_i V_i}$$

$$T_f = \frac{10 \cdot 6 \cdot 280}{4 \cdot 8}$$

$$\mathbf{T_f = 525 \text{ K}}$$

A resolução da lista pelos alunos deverá ser apresentada à professora, de forma individual, para que faça a devida avaliação. Durante a resolução, os alunos poderão discutir com os colegas de seu grupo, através do WhatsApp. Tal apresentação poderá ser feita através do envio de fotos do caderno, digitalização, arquivo de texto (.doc), etc. O prazo para o envio será de até dois dias antes da próxima aula.

Ao final da aula, a professora irá disponibilizar aos alunos o trabalho avaliativo, que consta no Complemento F₄₅, através da plataforma Google Classroom, que deverá ser entregue de forma individual. Os alunos poderão consultar seus cadernos e discutir as questões com os integrantes do seu grupo de forma cooperativa. As resoluções dos problemas devem apresentar **desenvolvimento completo** e deverão ser entregues, através da plataforma Google Classroom, até a próxima semana de aula.

AVALIAÇÃO

A avaliação será realizada ao decorrer das aulas através da participação dos alunos, principalmente durante as discussões dos testes conceituais, da apresentação das resoluções da lista de exercícios, da entrega das análises do roteiro das demonstrações experimentais e, por fim, por um trabalho avaliativo, valendo 5 pontos. Não será atribuída nota à lista de exercícios e às análises do roteiro das demonstrações experimentais, porém a realização dessas atividades será verificada e contará para a nota final da avaliação escolar qualitativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GEOCITIES. Testes de Física. Disponível em:
<http://www.geocities.ws/saladefisica2/testes/gases.html>. Acesso em: 01 de jun. 2020.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Livro eletrônico não paginado.

INFOESCOLA. Transformação isobárica. Disponível em:
https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2019/02/img_5c6db58f46c5c-e1550693794810.png. Acesso em: 10 jun. 2020.

INFOESCOLA. Transformação isotérmica. Disponível em:
https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2019/03/img_5c9542f8d673a-e1553285899691.png. Acesso em: 10 jun. 2020.

INFOESCOLA. Transformação isovolumétrica (isocórica). Disponível em:
https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2019/02/img_5c66f9aaac886-e1550252492607.png. Acesso em: 10 jun. 2020.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**. 1 ed. São Paulo: Scipione, 2006. 2 v.

VÁLIO, Adriana Benetti Marques. et al. **Ser protagonista: física, 2º ano**. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016. 3 v.

VAŠČÁK, Vladimír. Física na escola - HTML5 (Física Animações/Simulações). (2020?). Disponível em: <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>. Acesso em: 11 set. 2020.

COMPLEMENTO A45

ESTUDO DO
COMPORTAMENTO
DOS GASES

Transformações gasosas e Lei geral dos gases ideais+ Demonstrações experimentais

Semana 4



Introdução

- As transformações gasosas estão presentes no dia-a-dia, como ocorrem, por exemplo, com o vapor da água dentro da panela de pressão, com o gás no interior dos balões de ar quente, com o ar que ocupa uma seringa com êmbolo etc;
- Uma transformação gasosa se caracteriza quando determinada quantidade de gás sofre variação em pelo menos duas de suas três variáveis de estado: volume, pressão e temperatura.

Figura 1 – Transformações gasosas presentes no dia-a-dia

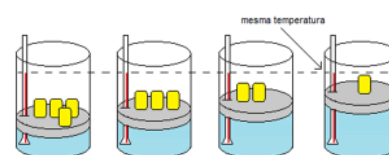


Fonte: Prepara Enem [2020].

Transformações gasosas: transformação isotérmica

- **Temperatura permanece constante, pressão e volume variam**, conforme figura 1;
- Quando um gás sofre uma transformação desse tipo, **a variação da pressão ocorre de forma inversamente proporcional à mudança de volume**, por exemplo, conforme a pressão diminui, o volume aumenta e vice-versa;
- Essa é a transformação que ocorre quando aplicamos lentamente uma pressão externa sobre o êmbolo de uma seringa, situação da qual falamos na introdução: se aumentarmos a pressão, o volume do ar ocupado dentro da seringa diminuirá, e vice-versa.

Figura 2 – Transformação isotérmica: a temperatura permanece constante, o volume e a pressão variam



Fonte: Evangelista (2010a).

Transformações gasosas: transformação isotérmica

Podemos escrever matematicamente a transformação isotérmica como:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

Onde:

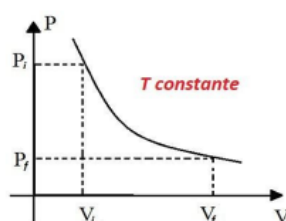
P_i e V_i = pressão [atm] e volume [l] iniciais

P_f e V_f = pressão [atm] e volume [l] finais

Transformações gasosas: transformação isotérmica

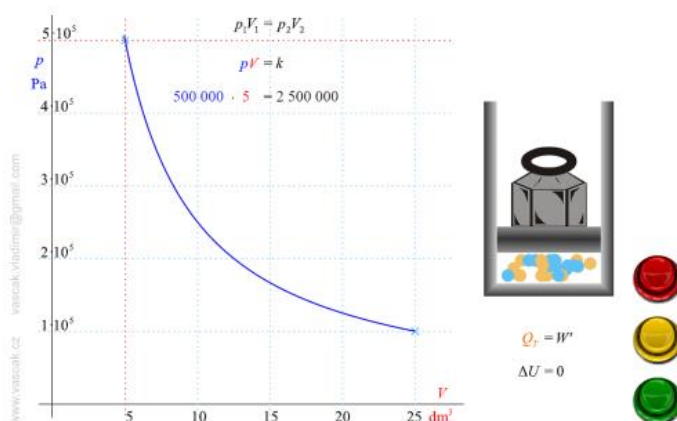
Graficamente, temos:

Figura 3 – Gráfico da transformação isotérmica – pressão (atm) versus volume (l)



Fonte: Elaborada pela autora.

Simulador – Transformação isotérmica

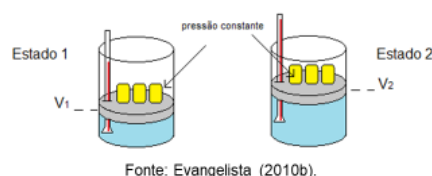


Link do simulador: https://www.vascek.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_izotermicky_dej&l=en

Transformações gasosas: transformação isobárica

- **Pressão permanece constante, temperatura e volume variam**, conforme a figura 3;
- **A razão entre o volume e a temperatura absoluta de uma determinada massa de gás durante uma transformação isobárica é constante**;
- Esse tipo de transformação gasosa ocorre com o gás do balão de ar quente, do qual falamos na introdução: ao ser preenchido, o gás no interior dos balões de ar quente aumenta de volume e de temperatura, mas sua pressão permanece constante.

Figura 4 – Transformação isobárica: a pressão permanece constante, a temperatura e o volume variam



Fonte: Evangelista (2010b).

Transformações gasosas: transformação isobárica

Podemos escrever matematicamente a transformação isobárica como:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

Onde:

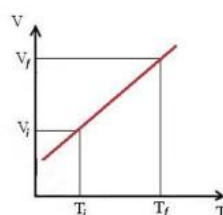
V_i e T_i = volume [l] e temperatura [K] iniciais

V_f e T_f = volume [l] e temperatura [K] finais

Transformações gasosas: transformação isobárica

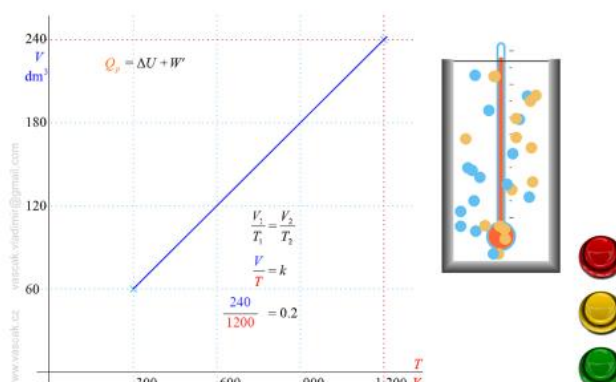
Graficamente, temos:

Figura 5 – Gráfico da transformação isobárica – volume (l) versus temperatura (K)



Fonte: Elaborada pela autora.

Simulador – Transformação isobárica

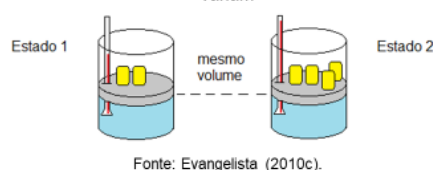


Link do simulador: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_izobaricky_dej&l=en

Transformações gasosas: transformação isovolumétrica/isocórica/isométrica

- **Volume permanece constante, temperatura e pressão variam**, conforme a figura 5;
- **A razão entre a pressão e temperatura absoluta de determinada massa de gás durante uma transformação isovolumétrica é constante**;
- Esse é o tipo de transformação que ocorre com o vapor da água na panela de pressão e, tal situação, será estudada nas próximas aulas.

Figura 6 – Transformação isovolumétrica: o volume permanece constante, a temperatura e a pressão variam



Fonte: Evangelista (2010c).

Transformações gasosas: transformação isovolumétrica/isocórica/isométrica

Podemos escrever matematicamente a transformação isovolumétrica como:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$$

Onde:

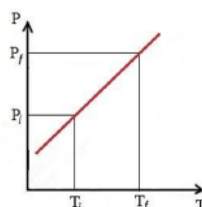
P_i e T_i = pressão [atm] e temperatura [K] iniciais

P_f e T_f = pressão [atm] e temperatura [K] finais

Transformações gasosas: transformação isovolumétrica/isocórica/isométrica

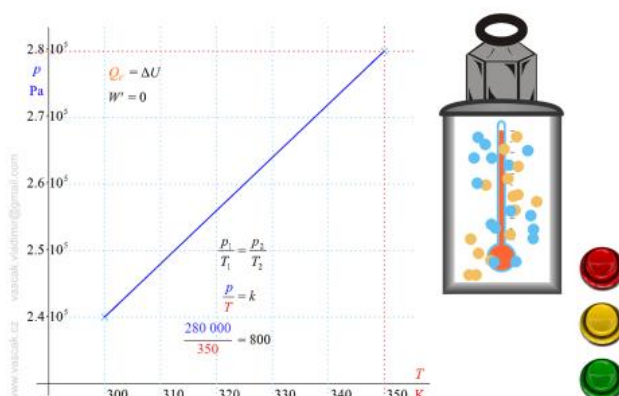
Graficamente, temos:

Figura 7 – Gráfico da transformação isovolumétrica – pressão (atm) versus temperatura (K)



Fonte: Elaborada pela autora.

Simulador – Transformação isovolumétrica



Link do simulador: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_izochoricky_dej&l=en

Lei geral dos gases ideais

- A **Lei geral dos gases ideais** rege qualquer transformação de uma dada massa de gás perfeito (n = constante);
- Na Equação de Clapeyron, fazendo o número de mols (n) constante, obtemos:

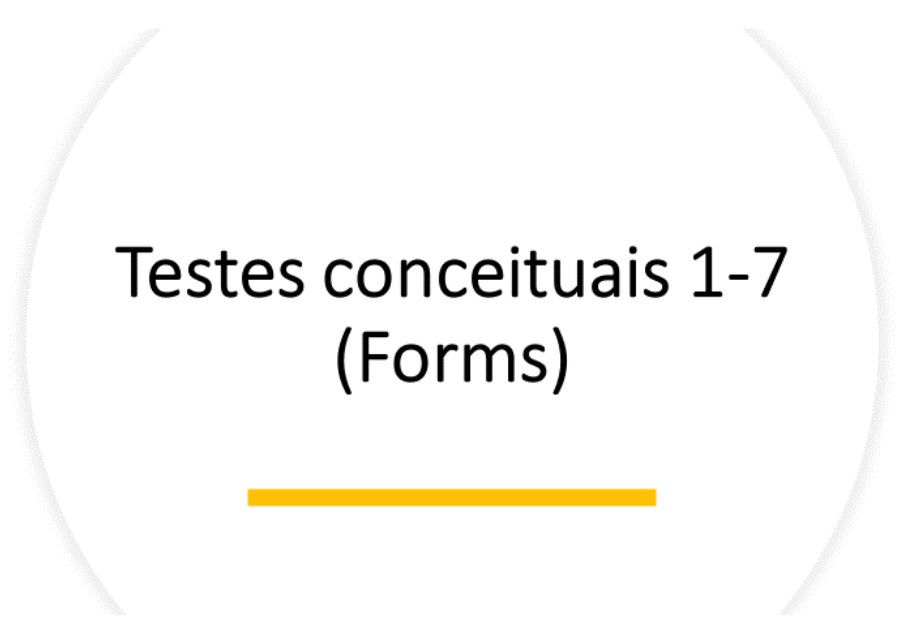
$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow \frac{P \cdot V}{T} = n \cdot R = \text{constante}$$

- Assim, quando uma dada massa de gás sofre uma transformação, indo de um estado inicial (i) para um estado final (f), vale a relação denominada **lei geral dos gases**:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Roteiro para as demonstrações experimentais

A fim de compreender melhor como ocorrem as transformações gasosas, siga as instruções do roteiro disponibilizado no *Google Classroom* (além do experimento com a panela de pressão, se for possível, reproduza os experimentos dos vídeos em casa).



Testes conceituais 1-7
(Forms)

COMPLEMENTO B₄₅**ROTEIRO DAS DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS**

A fim de compreender melhor como ocorrem as transformações gasosas, siga as instruções abaixo e reflita sobre os questionamentos propostos.

Transformação isotérmica:

- 1) Assista ao vídeo nesse link: <https://cutt.ly/ffjGk0w>
- 2) Considerando que a temperatura do gás contido na seringa não variou, responda às seguintes questões:
 - a) O que acontece com o volume do balão ao pressionar o êmbolo da seringa lentamente?
 - b) O que acontece com o volume do balão ao soltar o êmbolo da seringa lentamente?
 - c) Como isso pode ser explicado? Como esta transformação gasosa pode ser classificada?

Resultados:

a) Ao pressionar o êmbolo, percebeu-se que o volume do balão diminuía. A seringa é considerada em temperatura constante, pois os movimentos foram lentos, e ao pressionar o êmbolo, nota-se que a pressão dentro da seringa aumenta, o que faz o volume do balão diminuir.

b) Ao soltar o êmbolo, percebeu-se que o volume do balão aumentava. Como dito anteriormente, a seringa é considerada em temperatura constante, pois os movimentos foram lentos, e ao soltar o êmbolo, nota-se que a pressão dentro da seringa diminui enquanto o volume do balão aumenta.

c) Portanto, sabendo-se que o volume se modificou ao variar a pressão e que a temperatura se manteve constante, pode-se concluir que ocorreu uma transformação isotérmica, na qual volume e pressão variam de forma inversamente proporcional, enquanto a temperatura se mantém constante.

Transformação isobárica:

- 1) Assista ao vídeo nesse link: <https://cutt.ly/GfjGcLH>

- 2) Considerando que o experimento ocorreu em condições de pressão atmosférica constante, responda às seguintes questões:
- a) O que acontece com o balão ao colocar a garrafa no recipiente com água quente?
 - b) O que acontece com o balão ao colocar a garrafa no recipiente com água gelada?
 - c) Como isso pode ser explicado? Como esta transformação gasosa pode ser classificada?

Resultados:

a) Ao colocar a garrafa no recipiente com água quente, percebeu-se que o balão inflou. A pressão dentro da garrafa não muda e ao colocar a garrafa no recipiente com quente, nota-se que o balão infla, pois conforme a temperatura dentro da garrafa aumenta, o volume também aumenta.

b) Ao colocar a garrafa no recipiente com água gelada, percebeu-se que o balão diminui de volume, podendo ser inclusive “sugado” para dentro da garrafa. A pressão dentro da garrafa não muda e ao colocar a garrafa no recipiente com água gelada, nota-se que o balão é “sugado” para dentro da garrafa, pois o volume está diminuindo conforme a temperatura de dentro da garrafa diminui.

c) Portanto, sabendo-se que ao variar a temperatura variou-se o volume e que a pressão se manteve constante, pode-se concluir que ocorreu uma transformação isobárica, na qual temperatura e volume variam de forma diretamente proporcional, enquanto a pressão se mantém constante.

Transformação isovolumétrica:

- 1) Assista aos vídeos nos links abaixo:
 - <https://cutt.ly/wfjGPIV>
 - <https://cutt.ly/Efckh11>
- 2) Considerando as explicações vistas nos vídeos, responda à seguinte questão:
 - a) Descreva sobre o funcionamento de uma panela de pressão. Como tal funcionamento pode ser explicado pela transformação isovolumétrica?
- 3) Atividade prática: na sua casa, experimente cozinhar a mesma quantidade de algum alimento, em chamas semelhantes, utilizando uma panela de pressão e

uma panela normal. Observe o tempo de cozimento em cada um dos casos. Responda às seguintes questões:

- a) Qual foi o alimento preparado?
- b) Qual foi o intervalo de tempo de cozimento em cada panela?
- c) Quais as vantagens que se pode obter diariamente ao cozinhar alimentos numa panela de pressão?
- d) Quais são os cuidados necessários para se utilizar a panela de pressão com segurança?

Resultados:

2a) O calor fornecido aos alimentos no interior da panela de pressão faz com que a água que eles possuem evapore. Esse vapor permanece dentro da panela, causando um aumento da pressão em seu interior, o que faz com que a temperatura necessária para que a água evapore também aumente, obedecendo à equação para transformações isovolumétricas (antes da válvula permitir que o vapor escape). A temperatura maior cozinha mais rápido os alimentos.

3c) Ao cozinhar os alimentos numa panela de pressão, é possível observar que o tempo para seu cozimento é menor do que o tempo de cozimento em uma panela normal. Portanto, ao cozinhar os alimentos numa panela de pressão, é possível economizar tempo, já que os alimentos ficam prontos mais rapidamente, e nos gastos com gás de cozinha, já que o fogão fica aceso por menos tempo também.

3d) Nesta questão os alunos podem citar as recomendações de uso apropriado do equipamento, como a atenção ao nível máximo permitido, os cuidados de manutenção e limpeza, a presença do selo de inspeção de segurança, etc...

Conclusões:

As demonstrações experimentais, mesmo que através de vídeos, enriqueceram o estudo e auxiliaram na compreensão das transformações gasosas, já que na primeira parte tivemos um exemplo de transformação isotérmica, na qual a temperatura da seringa se manteve constante, enquanto a pressão e o volume dentro dela variaram, na segunda parte tivemos um exemplo de transformação isobárica, na qual a temperatura e o volume da garrafa variaram, enquanto que sua pressão se manteve

constante e, por último, um exemplo de transformação isovolumétrica, no qual foi compreendido o funcionamento de uma panela de pressão.

Através desses experimentos, pode-se compreender o conteúdo de forma a relacionar com o que ocorre no dia-a-dia, como por exemplo, ao utilizar uma panela de pressão, que ao ser aquecida, varia a sua temperatura interna, que por sua vez varia a pressão interna da panela, e isso faz com que os alimentos cozinhem mais rapidamente pois, com o aumento da pressão, o ponto de ebulição da água torna-se maior. Também foi possível provar que, ao utilizar a panela de pressão diariamente, é possível economizar tempo e os gastos com gás de cozinha, já que os alimentos ficam menos tempo cozinhando.

COMPLEMENTO C₄₅

TESTES CONCEITUAIS EXTRAS – SEMANA 4

1. Considerada uma transformação isotérmica de certa massa de um gás, é possível afirmar que:

- a) o volume se mantém constante;
- b) a pressão se mantém constante;
- c) as variáveis de estado do gás se mantêm constantes;
- d) a temperatura se mantém constante.

Resposta: letra d.

2. Quando ocorre uma transformação isobárica, a pressão:

- a) varia de acordo com a passagem do tempo;
- b) se mantém constante;
- c) é nula;
- d) aumenta conforme o volume aumenta.

Resposta: letra b.

3. Numa transformação isovolumétrica, o volume do gás:

- a) é nulo;
- b) não sofre alteração, exceto se a pressão aumenta;
- c) permanece constante;
- d) varia conforme a temperatura diminui;

Resposta: letra c.

4. Se numa dada transformação a pressão do gás não varia, portanto, permanece constante, podemos afirmar que:

- a) o gás sofreu uma transformação isovolumétrica;
- b) o gás sofreu uma transformação isobárica;
- c) o gás sofreu uma transformação isotérmica;
- d) o gás não sofreu transformação.

Resposta: letra b.

5. Ao aquecer um gás numa transformação isobárica, seu volume e pressão:

- a) permanecem constantes;
- b) diminui e aumenta, respectivamente;
- c) aumenta e permanece constante, respectivamente;
- d) variam.

Resposta: letra c.

6. Considerando uma transformação isotérmica, quando o volume do gás diminui, sua pressão:

- a) aumenta;
- b) se torna nula;
- c) permanece constante;
- d) diminui.

Resposta: letra a.

7. Quando há mudança de temperatura de um gás, suas moléculas:
- a) permanecem estáticas, independente da mudança de temperatura;
 - b) se contraem, caso a temperatura aumente;
 - c) se agitam, caso a temperatura aumente;
 - d) se agitam, caso a temperatura diminua.

Resposta: letra c.

COMPLEMENTO D45

ESTUDO DO
COMPORTAMENTO
DOS GASESExemplos e exercícios de problemas
numéricos + Trabalho avaliativo

Semana 5



Exemplos

1. Em um recipiente fechado, certa massa de gás ideal ocupa um volume de 10 litros a 293 K. Se este gás for aquecido até 310 K, sob pressão constante, seu volume será de quanto?

Resposta:

Do enunciado do problema, temos: Como a **pressão é constante**, sabemos que se trata de uma **transformação isobárica**, portanto:

 $P = \text{constante}$ $V_i = 10 \text{ litros}$ $T_i = 293 \text{ K}$ $T_f = 310 \text{ K}$ $V_f = ?$

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f} \quad (\text{isolando } V_f)$$

$$V_f = \frac{V_i \cdot T_f}{T_i}$$

$$V_f = \frac{10 \cdot 310}{293}$$

$$V_f = 10,58 \text{ l}$$

Exemplos

2. Numa experiência, um cientista retira de uma máquina frigorífica, à temperatura de -15°C , um recipiente contendo ar à pressão de 2,17 atm, levando-o em seguida até uma estufa em que a temperatura é 35°C . Considerando que o volume do recipiente não varia, calcule a pressão do ar no estado de equilíbrio final.

Resposta:

Do enunciado, temos:

 $V = \text{constante}$ $T_i = -15^\circ\text{C}$ (convertendo para K:

$$T_{^\circ\text{C}} = T_{\text{K}} - 273 \quad T_{\text{K}} = -15 + 273 = 258 \text{ K})$$

 $P_i = 2,17 \text{ atm}$ $T_f = 35^\circ\text{C}$ (convertendo para K:

$$T_{\text{K}} = 35 + 273 = 308 \text{ K})$$

 $P_f = ?$

Sabendo que o **volume não sofre alteração**, podemos concluir que se trata de uma **transformação isovolumétrica**, portanto, utilizando a equação desse tipo de transformação:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \quad (\text{isolando } P_f)$$

$$P_f = \frac{P_i \cdot T_f}{T_i}$$

$$P_f = \frac{2,17 \cdot 308}{258}$$

$$P_f = 2,59 \text{ atm}$$

Exemplos

3. Certa massa de gás hidrogênio (H_2) ocupa um volume de 760 cm^3 , sob pressão de $0,164\text{ atm}$, em uma dada temperatura. Qual o volume ocupado pela mesma massa de H_2 , na mesma temperatura, sob pressão de $0,100\text{ atm}$?

Resposta:

Do enunciado, temos:

$T = \text{constante}$

$V_i = 0,76\text{ litros}$

$P_i = 0,164\text{ atm}$

$P_f = 0,100\text{ atm}$

$V_f = ?$

Sabendo que a **temperatura se mantém constante**, utilizando a equação da **transformação isotérmica** obtemos:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f \text{ (isolando } V_f \text{)}$$

$$V_f = \frac{P_i \cdot V_i}{P_f}$$

$$V_f = \frac{0,164 \cdot 0,76}{0,100}$$

$$V_f = 1,25\text{ l}$$

Exemplos

4. Uma dada massa de gás perfeito está num recipiente de volume 8 litros , à temperatura de 7°C , exercendo uma pressão de 4 atm . Reduzindo-se o volume para 6 litros e aquecendo o gás, a sua pressão passou a ser 10 atm . Determine a temperatura que o gás foi aquecido.

Resposta:

Do enunciado, temos:

$V_i = 8\text{ litros}$

$T_i = 7^\circ\text{C}$ (convertendo para K:

$$T_{^\circ\text{C}} = T_K - 273 \quad T_K = 7 + 273 = 280\text{ K})$$

$P_i = 4\text{ atm}$

$V_f = 6\text{ litros}$

$P_f = 10\text{ atm}$

$T_f = ?$

Como a **massa de gás se mantém constante**, podemos aplicar a **lei geral dos gases ideais**. Assim:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \text{ (isolando } T_f \text{)}$$

$$T_f = \frac{P_f V_f T_i}{P_i V_i}$$

$$T_f = \frac{10 \cdot 6 \cdot 280}{4 \cdot 8}$$

$$T_f = 525\text{ K}$$

Exercícios

1. Em um recipiente fechado, certa massa de gás ideal ocupa um volume de 12 litros a 293 K . Se este gás for aquecido até 302 K , sob pressão constante, seu volume será de quanto?
2. Um carro-tanque transportou gás cloro para uma estação de tratamento de água. Sabe-se que o volume do tanque que continha gás cloro era de $3 \cdot 10^4\text{ litros}$, que a temperatura era mantida a 20°C para a pressão ser de 2 atm e que, na estação de tratamento de água, esse cloro foi transferido para um reservatório de $5 \cdot 10^4\text{ litros}$ mantido a 293 K . Ao passar do carro-tanque para o reservatório, o gás sofreu uma transformação.....e a pressão do reservatório era..... As lacunas são completamente preenchidas, respectivamente, com os dados:
 - a) isotérmica, $1,2\text{ atm}$; b) isométrica, 117 atm ; c) isobárica, 2 atm ;
 - d) isocórica, 2 atm ; e) isovolumétrica, $1,2\text{ atm}$.

Exercícios

3. Um gás no estado inicial apresenta volume de 14 L, pressão de 5 atm e temperatura de 300 K. Qual será a pressão do gás no estado final se o volume permanecer igual a 14 L, mas a temperatura passar para 273 K?
4. Determinada massa de gás, em seu estado inicial, ocupa um volume de 20 L, sob pressão de 11 atm e temperatura de 400 K. Ao passar por uma transformação, sob pressão de 14 atm e temperatura de 450 K, o gás passa a ocupar um volume de quanto?

Trabalho avaliativo

- O trabalho será disponibilizado pela professora na plataforma *Google Classroom* após o fim dessa aula;
 - Deve ser **entregue de forma individual**;
 - A **consulta no caderno** é permitida;
 - As resoluções dos problemas devem apresentar **desenvolvimento completo**;
 - As questões podem ser discutidas entre os integrantes do grupo de forma cooperativa.
-

COMPLEMENTO E₄₅

RESOLUÇÃO DA LISTA DE EXERCÍCIOS 2

1. Em um recipiente fechado, certa massa de gás ideal ocupa um volume de 12 litros a 293 K. Se este gás for aquecido até 302 K, sob pressão constante, seu volume será de quanto?

Resposta:

Do enunciado, temos:

$P = \text{constante}$

$V_i = 12 \text{ litros}$

$T_i = 293 \text{ K}$

$T_f = 302 \text{ K}$

$V_f = ?$

Como a **pressão é constante**, sabemos que se trata de uma **transformação isobárica**, portanto:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f} \text{ (isolando } V_f \text{)}$$

$$V_f = \frac{V_i \cdot T_f}{T_i}$$

$$V_f = \frac{12 \cdot 302}{293}$$

$$V_f = 12,37 \text{ l}$$

2. Um carro-tanque transportou gás cloro para uma estação de tratamento de água. Sabe-se que o volume do tanque que continha gás cloro era de $3 \cdot 10^4$ litros, que a temperatura era mantida a 20°C para a pressão ser de 2 atm e que, na estação de tratamento de água, esse cloro foi transferido para um reservatório de $5 \cdot 10^4$ litros mantido a 293 K. Ao passar do carro-tanque para o reservatório, o gás sofreu uma transformação.....e a pressão do reservatório era..... As lacunas são completamente preenchidas, respectivamente, com os dados:

a. isotérmica, 1,2 atm.

b. isométrica, 117 atm.

c. isobárica, 2 atm.

d. isocórica, 2 atm.

e. isovolumétrica, 1,2 atm.

Resposta:

Do enunciado, temos:

$V_i = 3 \cdot 10^4$ litros

$T_i = 20^\circ\text{C}$

$P_i = 2$ atm

$V_f = 5 \cdot 10^4$ litros $T_f = 293$ K

$P_f = ?$

Primeiramente iremos converter a temperatura para K:

$$T_{^\circ\text{C}} = T_K - 273$$

$$T_K = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

Analisando os dados agora, podemos perceber que a **temperatura se manteve constante**, portanto, houve uma **transformação isotérmica**. Agora vamos calcular a pressão final pela equação da transformação isotérmica:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f \text{ (isolando } P_f\text{)}$$

$$P_f = \frac{P_i V_i}{V_f}$$

$$P_f = \frac{2 \cdot 3 \times 10^4}{5 \times 10^4}$$

$$P_f = 1,2 \text{ atm}$$

Portanto, a resposta correta é a letra a.

3. Um gás no estado inicial apresenta volume de 14 L, pressão de 5 atm e temperatura de 300 K. Qual será a pressão do gás no estado final se o volume permanecer igual a 14 L, mas a temperatura passar para 273 K?

Resposta:

Do enunciado, temos:

$V =$ constante

$P_i = 5$ atm

$T_i = 300$ K

$$T_f = 273 \text{ K}$$

$$P_f = ?$$

Utilizando a equação da **transformação isovolumétrica**, obtém-se:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \text{ (isolando } P_f \text{)}$$

$$P_f = \frac{P_i T_f}{T_i}$$

$$P_f = \frac{5.273}{300}$$

$$\mathbf{P_f = 4,55 atm}$$

4. Determinada massa de gás, em seu estado inicial, ocupa um volume de 20 L, sob pressão de 11 atm e temperatura de 400 K. Ao passar por uma transformação, sob pressão de 14 atm e temperatura de 450 K, o gás passa a ocupar um volume de quanto?

Resposta:

Do enunciado, temos:

$$V_i = 20 \text{ L}$$

$$P_i = 11 \text{ atm}$$

$$T_i = 400 \text{ K}$$

$$P_f = 14 \text{ atm}$$

$$T_f = 450 \text{ K}$$

$$V_f = ?$$

Utilizando a equação da **lei geral dos gases ideais**, obtém-se:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \text{ (isolando } V_f \text{)}$$

$$V_f = \frac{P_i V_i T_f}{T_i P_f}$$

$$V_f = \frac{11 \cdot 20 \cdot 450}{400 \cdot 14}$$

$$\mathbf{V_f = 17,68 l}$$

COMPLEMENTO F₄₅

TRABALHO AVALIATIVO DE FÍSICA – SEMANA 5

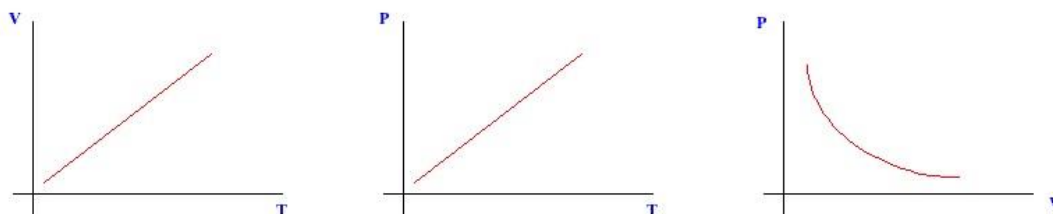
Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato – CIMOL Prof^a Daniela Kohlrausch

Nome do aluno: _____

Data: _____ Turma: _____ Peso: 5 pontos

1. O estado de um gás perfeito é caracterizado pelas variáveis de estado. Quais são elas? Quais suas definições? **(1,0)**
2. Determine o volume molar de um gás ideal, cujas condições estejam normais, ou seja, a temperatura à 273 K e a pressão a 1 atm. Dado: $R = 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$. **(0,5)**
3. Determine o número de mols de um gás que ocupa volume de 90 litros. Este gás está a uma pressão de 2 atm e a uma temperatura de 100 K. Dado: $R = 0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}}$. **(0,5)**
4. Qual deverá ser o volume de um gás que sofreu uma transformação isotérmica e teve sua pressão inicial ($P = 2 \text{ atm}$) modificada para 0,5 atm. Considerando que inicialmente esse gás estava a uma temperatura de 325 K e ocupava um volume de 500 litros. **(0,5)**
5. Em uma amostra de gás ideal notou-se que conforme fosse mudado a temperatura, a pressão alterava de uma forma proporcional. Considerando que esse gás se encontra em confinamento, determine qual a temperatura que o gás deverá ter quando a pressão for de 5 atm. Considerando que inicialmente $P = 2 \text{ atm}$ e $T = 450 \text{ K}$. **(0,5)**
6. Em uma pressão constante, um gás é aquecido até que seu volume inicial de 150 litros dobre. Se a temperatura inicial do gás era de 20 °C, qual deve ser a temperatura final na escala Kelvin? **(0,5)**
7. Um volume de 10 litros de um gás perfeito teve sua pressão aumentada de 1 para 2 atm e sua temperatura aumentada de -73 °C para +127 °C. O volume final, em litros, alcançado pelo gás foi de quanto? **(0,5)**

8. Assinale a alternativa correta em relação aos gráficos correspondentes às transformações gasosas abaixo: **(1)**



- () isovolumétrica – isobárica – isotérmica
- () isobárica – isovolumétrica – isotérmica
- () isotérmica – isobárica – isovolumétrica
- () isobárica – isotérmica – isovolumétrica
- () isovolumétrica – isotérmica – isobárica

Gabarito: 1. Volume, temperatura e pressão; 2. 22,4 l; 3. 21,95 mols; 4. 2000 l 5. 1125 K; 6. 586 K; 7. 10 l; 8. isobárica – isovolumétrica – isotérmica.

PLANO DE AULA – SEMANA 6

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA INSTITUIÇÃO/ SÉRIE/ PERÍODO/ DISCIPLINA

Nome da instituição: Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato

Curso: Ensino Médio

Disciplina: **FÍSICA**

Série: 2º ano

Ano: 2020

Carga horária: 2 períodos de 50 minutos

CRONOGRAMA DAS AULAS

Semana 6 – Teste final + Autoavaliação + Questionário final.

OBJETIVOS DAS AULAS

Finalizar a unidade didática “*Estudo do Comportamento dos Gases*”.

METODOLOGIA, RECURSOS DIDÁTICOS E DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO

SEMANA 6

Na última semana de aula deste projeto serão aplicados o **teste final**, a **autoavaliação** e o **questionário final**, através da plataforma Google Forms.

No início da aula, a professora explicará que o teste final, que consta no Complemento A₆, contará para a avaliação escolar quantitativa, valendo 10 pontos, e para a avaliação da aprendizagem diante da metodologia Peer Instruction. A autoavaliação será considerada e contribuirá para a nota final da avaliação escolar qualitativa.

Além disso, será aplicado um questionário final, que consta no Complemento B₆, no qual os alunos deverão avaliar a metodologia de ensino utilizada nas aulas. Tanto o teste final, quanto a autoavaliação e o questionário final serão disponibilizados através da plataforma Google Forms e deverão ser respondidos individualmente. O questionário será disponibilizado após a entrega do teste final e da autoavaliação. Todos devem ser entregues à professora no mesmo dia da aula.

AVALIAÇÃO

A avaliação será realizada ao decorrer das aulas através da participação dos alunos, pela realização do teste final, valendo 10 pontos, além das autoavaliações que contribuirão para a nota final dos alunos na avaliação escolar qualitativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEPOSITPHOTOS. Legumes em conserva caseiras variedade vidro frascos fiquem na geladeira. Conceito de alimentos fermentados de natural saudável. Vista lateral. Disponível em:

https://st4.depositphotos.com/20604934/23682/i/450/depositphotos_236826640-stock-photo-variety-glass-jars-homemade-pickled.jpg. Acesso em: 16 jun. 2020.

FREEPIK. Viagem em família de carro na praia Vetor Premium. Disponível em:

https://image.freepik.com/vetores-gratis/viagem-em-familia-de-carro-na-praia_40816-305.jpg. Acesso em: 16 jun. 2020.

GEOCITIES. Testes de Física. Disponível em:

<http://www.geocities.ws/saladefisica2/testes/gases.html>. Acesso em: 01 de jun. 2020.

GEOGRAFIA OPINATIVA. Centros de alta e de baixa pressão. Disponível em:

<https://www.geografiaopinativa.com.br/wp-content/uploads/2016/12/pressao1.png>. Acesso em: 16 jun. 2020.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Livro eletrônico não paginado.

KUADRO. Questões de Química - FUVEST 2019. Disponível em: <https://kuadro-static.s3.sa-east-1.amazonaws.com/0d255f7842615d9f13d71d1d3b194a7f>. Acesso em: 12 jun. 2020.

LECONNECTOR. Up Altas Aventuras – A vida real por trás da ficção. Disponível em: <https://leconnector.files.wordpress.com/2016/10/pixar-up-house.png>. Acesso em: 16 jun. 2020.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**. 1 ed. São Paulo: Scipione, 2006. 2 v.

REVISTA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM AÇÃO. Poluição atmosférica: uma forma de ensino dos gases numa perspectiva histórico-crítica. Disponível em: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AAND9GcQ5VqChEeUWe6ZrQylQakiRCm8eqfiLwMmEZKmybdz9oq9ktZ_k&usqp=CAU. Acesso em: 16 jun. 2020.

VÁLIO, Adriana Benetti Marques. et al. **Ser protagonista: física, 2º ano**. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016. 3 v.

COMPLEMENTO A₆

TESTE FINAL E AUTOAVALIAÇÃO – SEMANA 6

Nome:

1. O que acontece com o volume de um balão cheio se você o colocar no freezer?

- a) ele aumenta;
- b) ele diminui;
- c) ele não muda;
- d) depende do balão.

Resposta: letra b.

2. O que acontece com a pressão do ar contido em um pote hermeticamente fechado, como um frasco de conserva, se você o colocar no freezer?

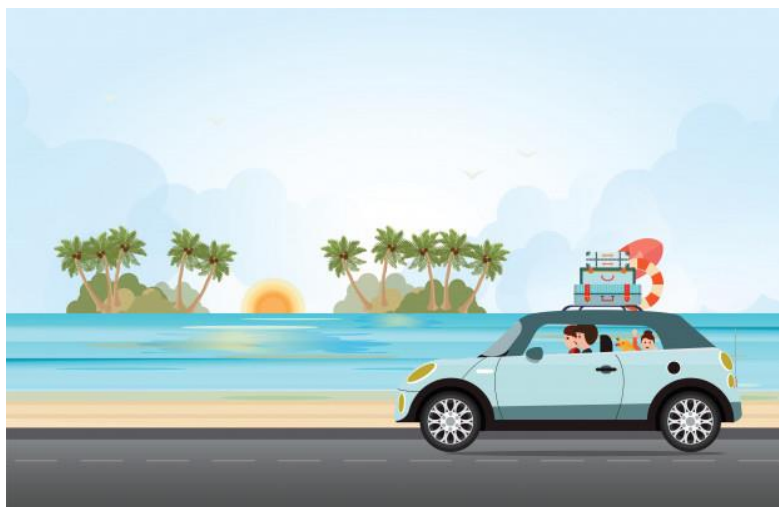


Fonte: Depositphotos (2019).

- a) ela aumenta;
- b) ela diminui;
- c) ela não muda;
- d) depende do gás.

Resposta: letra b.

3. Você diria que, nos dias quentes, ou após rodar alguns quilômetros, a pressão interna dos pneus de um carro:

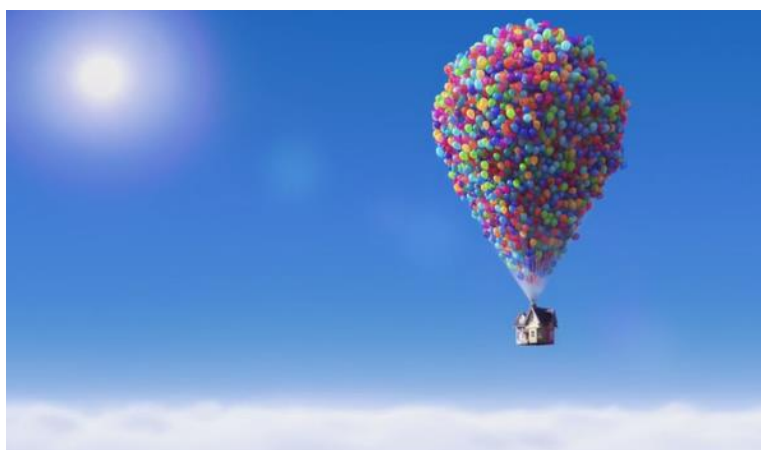


Fonte: Freepik (2018).

- a) diminui;
- b) não se altera;
- c) aumenta;
- d) é sempre igual à pressão exterior.

Resposta: letra c.

4. Um balão de aniversário, cheio de gás hélio, é largado da superfície da Terra, subindo até a altitude de 5000 m. Durante a subida, podemos afirmar que:



Fonte: Leconnector (2016).

- a) o volume do balão diminui;
- b) o volume do balão permanece igual;
- c) a temperatura do balão aumenta;

d) o volume do balão aumenta.

Resposta: letra d.

5. Segundo a figura abaixo, em tom de brincadeira com os nossos amigos felinos, o volume dos gases pode ser comparado aos gatos, pois:



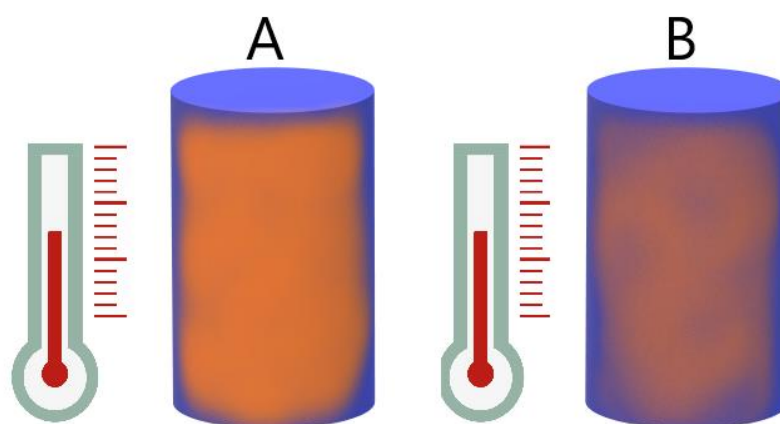
Bored Panda. <https://www.boredpanda.com>. Adaptado.

Fonte: Kuadro (2019).

- a) o volume dos gases tem forma própria;
- b) o volume dos gases é sempre constante;
- c) o volume dos gases corresponde ao volume do recipiente ocupado por ele, assim como aparentam os gatos;
- d) o volume dos gases varia conforme o tipo de gás.

Resposta: letra c.

6. Dois cilindros idênticos à mesma temperatura contêm o mesmo gás. Se A contém três vezes mais gás que B, qual cilindro tem a pressão mais elevada?

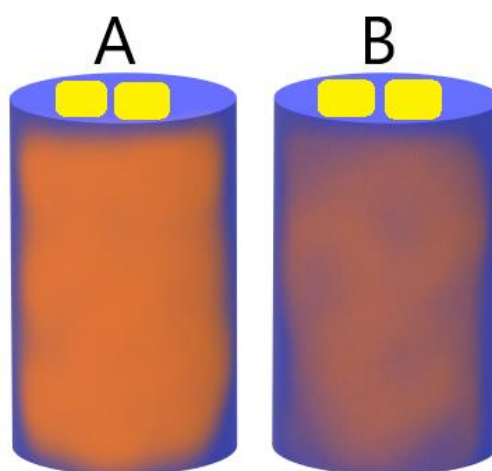


Fonte: Elaborada pela autora.

- a) cilindro A;
- b) cilindro B;
- c) ambos têm a mesma pressão;
- d) depende da temperatura.

Resposta: letra a.

7. Dois cilindros idênticos à mesma pressão contêm o mesmo gás. Se A contém três vezes mais gás que B, qual cilindro tem a temperatura mais alta?



Fonte: Elaborada pela autora.

- a) cilindro A;

- b) cilindro B;
- c) ambos têm a mesma temperatura;
- d) depende da pressão.

Resposta: letra b.

8. Ao comprimir, lentamente, o ar dentro de uma seringa fechando suas saídas, de modo que sua temperatura permaneça constante, o que acontece com o volume deste gás?

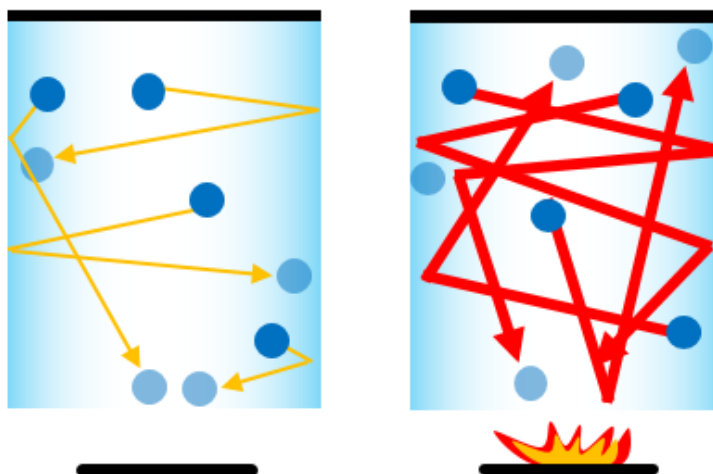


Fonte: Revista Educação Ambiental em Ação (2018).

- a) diminui;
- b) aumenta;
- c) permanece constante;
- d) depende do gás.

Resposta: letra a.

9. A temperatura é uma grandeza física que mede:



Fonte: Geografia Opinativa (2019).

- a) volume;
- b) calor;
- c) pressão;
- d) grau de agitação das moléculas

Resposta: letra d.

10. A pressão de um gás se caracteriza como:

- a) a força aplicada sobre o gás;
- b) o choque entre as moléculas do gás;
- c) a diferença de temperatura que o gás pode sofrer;
- d) o choque das moléculas do gás contra as paredes do recipiente que o contém.

Resposta: letra d.

AUTOAVALIAÇÃO

Faça uma autoavaliação acerca de seu desempenho nas aulas. Avalie critérios como dedicação, organização, participação nas discussões, entrega das atividades, tentativa de tirar dúvidas com a professora ou com os colegas etc.

COMPLEMENTO B₆**QUESTIONÁRIO FINAL – SEMANA 6****Nome:**

1. Você julga ter compreendido bem os conteúdos abordados nas aulas? Quais foram suas maiores dificuldades?

2. Você acha que trabalhar com questões conceituais e a discussão entre seus colegas o ajudaram a entender melhor o conteúdo?

3. Como você percebe a relevância de estudar questões conceituais de Física?

4. Sua concepção sobre estudar Física mudou? Comente sua resposta.

5. No geral, o que você achou das atividades? Gostou da experiência? Conseguiu se manter motivado durante as aulas?

6. O que você mais gostou nas aulas?

7. O que você menos gostou nas aulas? Que sugestões teria para melhorá-las?