



**ESTADO DE RORAIMA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA – UERR**

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PROPES**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS - PPGEC**

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE TERMODINÂMICA NA SEGUNDA  
SÉRIE DO ENSINO MÉDIO, FUNDAMENTADO NA TEORIA DE  
GALPERIN, NA DIREÇÃO DE ESTUDO DE TALÍZINA E A  
RESOLUÇÃO DE PROBLEMA SEGUNDO MAJMUOV**

**Higino Nascimento de Carvalho**

---

Dissertação de Mestrado  
Boa Vista/RR, abril de 2018



PROGRAMA DE  
PÓS GRADUAÇÃO  
EM ENSINO  
DE CIÊNCIAS

## **HIGINO NASCIMENTO DE CARVALHO**

**Resolução de problemas de termodinâmica na segunda série do ensino médio, fundamentado na teoria de Galperin, na direção de estudo de Talízina e a resolução de problema segundo Majmutov.**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Roraima, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências. Linha de pesquisa: Métodos Pedagógicos e Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências.

Orientador: Prof.º. DSc. Oscar Tintorer Delgado.

Dedico esta dissertação a minha Mãe (em memória), que na sua humildade e simplicidade conseguiu imprimir valores em meu caráter, que certamente é o que tem me levado a acreditar que é possível ir mais longe.

E em especial ao meu filho Samuel Arthur, que foi, sem sombra de dúvidas, um dos meus maiores motivos para não desistir ao longo dessa árdua caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus, que muitas vezes me levantou de onde pensei não ser capaz, e que sem sombra de Dúvidas, é quem tem me dado a oportunidade de ocupar lugares privilegiados na sociedade.

A minha amada esposa, foi ela que inúmeras vezes olhou para mim e disse “não desisti, você vai conseguir”, obrigado meu amor, você não sabe o quanto as suas palavras me motivaram a persistir.

Ao departamento administrativo, professores e professoras do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Roraima-UERR, pois juntos formam um só corpo;

Ao nobre, amigo, professor, motivador e orientador, prof. Dsc. Oscar, pelo ensino de uma forma simples, paciente e transformadora, que fizeram toda a diferença em minha vida profissional e acadêmica. Obrigado por ter acreditado que eu seria capaz;

Ao professor Dsc. Hector – sua imposição e exigência logo no início foi o combustível necessário para me revelar o quanto somos capazes de produzir além do que pensamos ser.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima e aos alunos do quarto módulo de ensino médio integrado técnico em eletrônica, por demonstrarem interesse e disponibilidade em participar da pesquisa.

Portanto, agradeço a todos, que direta ou indiretamente participaram deste processo, pois “se enxerguei mais longe é porque subi no ombro de gigantes” (Isaac Newton).

“Educar verdadeiramente não é ensinar fatos novos ou enumerar fórmulas prontas, mas sim preparar a mente para pensar.”

(Albert Einstein)

## RESUMO

Trata-se de uma Dissertação na linha “Métodos pedagógicos e tecnologias digitais no Ensino de Ciências” do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Roraima-UERR envolvendo conexões teóricas formuladas e fundamentadas nas teorias de Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos de Galperin, na Direção da Atividade de Estudo de Talízina e no Ensino Problematizador de Majmutov. Buscou-se verificar em que medida a utilização do software Phet: Propriedade dos gases ideais contribui para a resolução de problemas de termodinâmica, pelos estudantes participantes da pesquisa. Metodologicamente utilizou-se a aplicação de quatro provas de lápis e papel, e um seminário como recurso para análise e interpretação das resoluções de problemas das Atividades de Situações problemas Docente – ASPD nos resultados e objetivos. Ao final da pesquisa, percebeu-se que os estudantes se encontravam em distintas etapas do processo de assimilação, onde alguns só resolviam as questões com o material de apoio (etapa materializada), outros através do raciocínio em voz alta (etapa da ação verbal externa) e uma pequena minoria executava mentalmente alguma ação com o conceito de termodinâmica (etapa da ação verbal interna). Os resultados oferecem significativa análise, demonstrando que, de modo geral, o software contribuiu para elevação do entendimento do conceito estudado, pois a forma como os estudantes aprenderam a agir em relação às situações problemas físicos, os proporciona habilidade aceitável para resolver problemas de Termodinâmica, uma vez que demonstraram saber aplicar a técnica operatória, porém sem aplicá-la a situações que envolvem o cotidiano. Como produto propõem-se, um modelo educacional a partir da efetividade da Atividade Situação Problema Docente Experimental no conteúdo de Termodinâmica, em Ambiente Virtual, com Estudantes do 2º Ano do Ensino Médio, por acreditar que as atividades desenvolvidas no decorrer da pesquisa poderão revelar-se excelentes alternativas para os docentes da disciplina de física.

**Palavras-chave:** Software. Ensino problematizador. Termodinâmica.

## ABSTRACT

The present Dissertation is related to the "Pedagogical Methods and Digital Technologies in Science Teaching" line of the Graduate Program in Science Teaching at the State University of Roraima-UERR, comprising theoretical connections, formulated and based on theories of Stage Formation Mental Actions and Concepts of Galperin, in the Direction of Talizin's Study Activity and in Majmutov's Problematizing Teaching. It was verified to what extent the use of the software Phet: Property of the ideal gases, contributes to the solution of problems of thermodynamics, by the students participating in the research. The methodology used was the application of four pencils and paper tests, during a seminar, as a resource for analysis and interpretation of problem solving. In finalization of the research it was found that the students were in different stages of the process of assimilation, where some only solved the questions with the material of support (materialized stage), others through the reasoning out loud (stage of external verbal action) and a small minority mentally executed some action with the concept of thermodynamics (internal verbal action stage). The results offer an important analysis, demonstrating that, in general, the software contributed to the elevation of the understanding of the concept studied, since the way in which the students learned to act in relation to the situations of physical problems, providing an acceptable capacity in to solve problems of thermodynamics, since they demonstrated to know to apply the operative technique, but without its application in situations that involve the daily life. In productive terms, we propose an educational model based on the effectiveness of the Experimental Teaching Problem Situation Activity in the content of Thermodynamics, in Virtual Environment, with students of the 2nd Year of High School, understanding that the activities developed during the course of the research may prove to be excellent alternatives for physics teachers.

**Keywords:** Software. Teaching problematizing. Thermodynamics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática da estrutura da atividade humana.....	25
Figura 2: Direção de estudo.....	32
Figura 3: esquema de tarefa e problema. ....	39
Figura 4: exemplificação de calor e trabalho.....	53
Figura 5: Software de propriedade dos gases ideais.....	77
Figura 6: Resposta do estudante 05. ....	86
Figura 7: Resposta do estudante 03. ....	86
Figura 8: Resposta do estudante 06. ....	87
Figura 9: Resposta do estudante 01. ....	87
Figura 10: Resposta do estudante 01. ....	88
Figura 11: Estudantes participantes da pesquisa no laboratório de informática. ....	99
Figura 12: Estudante resolvendo a questão 01 da fase formativa II. ....	100
Figura 13: Estudante resolvendo a questão 02 da fase formativa II.....	101
Figura 14: Estudante resolvendo a questão 03 da fase formativa II.....	101
Figura 15: Grupo 01 apresentando isotérmica.....	108
Figura 16: Grupo 01 simulando uma isotérmica .....	108
Figura 17: Estudantes participantes da pesquisa .....	108
Figura 18: Grupo 01 simulando uma isotérmica .....	108



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Pontuação discente na prova diagnóstica (Nível de Partida). .....	90
Gráfico 2: Pontuação discente na prova formativa I (etapa materializada).....	96
Gráfico 3: Pontuação discente na avaliação diagnóstica e formativa I. ....	97
Gráfico 4: Pontuação discente na avaliação formativa II (Etapa Verbal externa).....	103
Gráfico 5: Pontuação discente na avaliação diagnóstica, formativa I e II.....	104
Gráfico 6: Pontuação discente na avaliação final (generalizada). ....	107
Gráfico 7: Pontuação discente na avaliação diagnóstica, formativa I, II e final. ....	111
Gráfico 8: Desempenho Geral dos estudantes. ....	121

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Questionário para determinar o nível de partida dos estudantes. ....	71
Quadro 2: Interpretação do conceito obtido pelos estudantes. ....	73
Quadro 3: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Questão 01.....	74
Quadro 4: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Questão 02.....	74
Quadro 5: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Questão 3.....	75
Quadro 6: Questões para avaliação da fase formativa II.....	77
Quadro 7: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Fase Formativa II. ....	78
Quadro 8: Avaliação final. ....	79
Quadro 9: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Questão 01.....	79
Quadro 10: Parâmetros para Análise Qualitativa do seminário .....	80
Quadro 11: Questionário final passado aos estudantes .....	111
Quadro 12: Respostas dos estudantes na primeira e segunda questão. ....	112
Quadro 13: Respostas dos estudantes na terceira questão.....	113
Quadro 14: Respostas dos estudantes na quarta questão.....	113
Quadro 15: Respostas dos estudantes na quinta questão.....	114
Quadro 16: Respostas dos estudantes na sexta questão.....	115

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Etapas do processo de assimilação segundo Teoria de Galperin.....	70
Tabela 2: Atribuição de conceitos de acordo com a habilidade. ....	73
Tabela 3: Base Orientadora da Ação Geral. ....	81
Tabela 4: Base Orientadora da Ação 01 (BOA 01) da ASPD em Termodinâmica.....	84
Tabela 5: Análise de desempenho dos estudantes (E-01 a E-09) na prova diagnóstica.....	88
Tabela 6: Plano de Ensino .....	91
Tabela 7: Resultado da prova formativa I. ....	94
Tabela 8: Avaliação Formativa II (Linguagem externa para si).....	101
Tabela 9: Avaliação Final (Generalizada).....	105
Tabela 10: Análise qualitativa dos resultados alcançados pelos grupos .....	109
Tabela 11: Provas de lápis e papel por etapas mentais e seminário. ....	110
Tabela 12: Base Orientadora da Ação .....	118

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ASPD	Atividade de Situações Problema Docente
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BOA	Base Orientadora da Ação
IFRR	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PPGEC	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da UERR
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UERR	Universidade Estadual de Roraima
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
I. O INTERESSE PELO ESTUDO.....	14
II. A PERGUNTA DA PESQUISA .....	14
III. O TÍTULO DA PESQUISA .....	15
IV. OBJETIVO GERAL .....	15
V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
VI. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA (RELEVÂNCIA SOCIAL E CIENTÍFICA DA PROBLEMÁTICA) .....	15
<b>CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
1.1 FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS .....	18
1.2 FUNDAMENTOS PSICOLÓGICOS .....	19
1.2.1 Teoria Histórico-Cultural – L. S. Vygotsky .....	20
1.2.2 A Teoria da Atividade .....	23
1.2.3 Teoria de Formação das Ações Mentais e Conceitos de Galperin .....	26
1.2.4 Teoria Geral de Direção da Atividade de Estudo .....	29
1.3 ENSINO PROBLEMATIZADOR .....	33
1.3.1 A Teoria do Reflexo e o Processo de Ensino .....	33
1.3.2 O Problema Docente.....	37
1.3.3 O Problema Docente como Categoria Psicológica Didática .....	38
<b>CAPÍTULO II – CONTEÚDO DE FÍSICA.....</b>	<b>43</b>
2.1 ATIVIDADE DE SITUAÇÕES PROBLEMA DOCENTE (ASPD) NO ENSINO DE TERMODINÂMICA.....	43
2.2 O POTENCIAL DIDÁTICO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	47
2.3 O CONTEÚDO DE TERMODINÂMICA.....	49
<b>CAPÍTULO III - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
3.1 CONTEXTO DA PESQUISA .....	63
3.2 SUJEITOS DA PESQUISA .....	65
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	66

3.3.1	Critérios de Inclusão e Exclusão dos Participantes .....	66
3.4	ENFOQUE DA PESQUISA.....	67
3.5	MODELO DA PESQUISA .....	67
3.6	SEQUÊNCIA DA PESQUISA.....	68
3.7	INSTRUMENTOS UTILIZADOS EM CADA FASE DA PESQUISA.....	70
3.7.1	Instrumentos de Coleta de Dados na Fase Diagnóstica .....	70
3.7.2	Instrumentos Utilizados na Fase Formativa I .....	72
3.7.3	Instrumentos Utilizados na Fase Formativa II.....	76
3.7.4	Instrumentos Utilizados na Avaliação Final .....	79
3.8	BASE ORIENTADORA DA AÇÃO - BOA .....	81
3.8.1	Primeira Base Orientadora da Ação .....	82
3.9	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
3.9.1	Fase Diagnóstica (Determinar o Nível de Partida) .....	85
3.9.2	Fase Formativa I .....	94
3.9.3	Fase Formativa II.....	99
3.9.4	Avaliação Final .....	105
3.9.5	Questionário Aplicado ao Final da Pesquisa .....	111
3.9.6	Análise da ASPD e Processo de Assimilação.....	116
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>123</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>126</b>
	APÊNDICE 01 - TALE .....	131
	APÊNDICE 02 - TCLE .....	133

## INTRODUÇÃO

Educar tem se revelado cada vez mais um desafio com uma infinidade de formas e possibilidades, algumas se mostram eficazes, outras nem tanto, aquelas que se mostram eficazes para determinado grupo de pessoas, nem sempre tem se revelado com a mesma eficácia quando o grupo muda, e da mesma forma, as que se revelam não tão eficazes para um grupo, para outro se mostra uma verdadeira aliada do processo educacional.

Envolvido nesse mundo, cheio de interrogações e incertezas, onde o objetivo é verificar como o indivíduo aprende? Como transmitir o conhecimento? Dentre tantas outras interrogações no meio educacional, procura-se nessa dissertação, responder a objetivos específicos, para um grupo específico de estudantes de uma escola do ensino médio integrado ao técnico.

### **i. O interesse pelo estudo**

A disciplina de física, no ensino médio, é uma das matérias tidas como exata, e que tem o desafio de estudar a natureza em seus aspectos mais gerais. Desafiados por gerar nos discentes o desejo pela disciplina, procurou-se verificar a eficácia de uma alternativa que pudesse contribuir para uma motivação maior por parte desses alunos em estudar a disciplina, contribuindo para desmistificar o conceito de matéria chata e difícil.

Ricardo e Freire (2007) afirmam que, apesar da importância da escola e da educação dominar os discursos em todas as áreas (econômica, social, política, governamental e acadêmica), a estrutura escolar atual parece cada vez menos capaz de atender às expectativas dos seus alunos, embora o número de matrículas tenha crescido consideravelmente nos últimos anos.

### **ii. A pergunta da pesquisa**

A utilização do softwares Phet: propriedade dos gases, ajudará os alunos da segunda série do ensino médio integrado ao técnico, a resolver problemas de termodinâmica fundamentado na teoria de formação por etapas das ações mentais de Galperin, na direção de estudo de Talízina e a resolução de problema como metodologia de ensino de Majmutov?

### **iii. O título da pesquisa**

Visando obter melhor índice de aprendizado na disciplina de Física, por entender que esta tem o seu grau de importância dentro da formação básica, optou-se por desenvolver essa pesquisa que tem como título: Resolução de problemas de termodinâmica na segunda série do ensino médio integrado ao técnico, fundamentado na teoria de Galperin, na direção de estudo de Talízina e a resolução de problema segundo Majmutov.

### **iv. Objetivo Geral**

- Analisar como a utilização do software phet: propriedade dos gases, fundamentado na teoria de formação por etapas das ações mentais de Galperin, na direção de estudo de Talízina e a resolução de problema como metodologia de ensino e Majmutov, podem servir como alternativas para resolução de problemas de termodinâmica na segunda série do ensino médio integrado ao técnico.

### **v. Objetivos Específicos**

- Determinar o nível de partida dos estudantes no conteúdo de Termodinâmica.
- Avaliar o efeito da sequência didática da Atividade de Situações Problema em termodinâmica na aprendizagem da resolução de problemas.
- Determinar em que etapa os estudantes chegaram após a utilização da sequência didática na resolução de problemas de termodinâmica.
- Verificar a contribuição da sequência didática (produto educacional) proposto em função da aprendizagem da resolução de problemas de termodinâmica.

### **vi. Justificativa da pesquisa (relevância social e científica da problemática)**

Do ponto de vista da relevância social, segundo Gonçalves (2009), “toda pesquisa é relevante socialmente quando contribui, de alguma forma, para melhoria da sociedade, para compreensão do mundo em que vivemos ou ainda para desenvolvimento e emancipação do homem”, com esse entendimento, nossa pesquisa tem sua relevância social pautada na melhoria da sociedade estudantil, buscando entender como esse grupo se depara com uma



situação problema. Ao identificar essa relação do estudante com situações problemas, a pesquisa irá trabalhar formas de auxiliar esses discentes a resolver problemas de termodinâmica, visando assim contribuir com uma melhor compreensão do mundo, sob o prisma da Física.

Já do ponto de vista científico, a pesquisa se justifica pela necessidade que temos de trabalhar com um método, que seja embasado em uma teoria, e que essa teoria nos forneça um caminho de como obter um resultado. Com a utilização de uma teoria que fundamente o método utilizado para se obter o resultado encontrado, tais resultados apresentarão mais solidez e confiança ao público interessado.

Majmutov (1983) enfatiza que há muito tempo, os psicólogos já detectaram que o que leva ao conhecimento, não é só a quantidade de informações que chega até o ser humano, mais também a estrutura do processo do pensamento e o sistema de operações lógicas e mentais. Nasce então a importância da tarefa de construir a capacidade da atividade independente do pensamento.

Galperin (1967) procurou trabalhar o ensino de maneira diferente do modelo tradicional, o qual ele faz críticas, relata que esse modelo não traz consigo nenhum tipo de exigência do aluno, a não ser uma mera repetição de informações repassadas pelo professor, onde o que se tem cobrado dos alunos, é a memorização do que lhes foi repassado, para que consigam transcrever o conteúdo para uma avaliação, caso contrário, serão penalizados com uma possível reprovação na matéria, e percebe-se que esse tipo de cobrança, e método de trabalho, acaba comprometendo a qualidade da aprendizagem de forma satisfatória dos discentes. (REZENDE E VALDES, 2006)

Segundo Galperin (1967, p. 67), “a necessidade de memorização dos conceitos teóricos, apresentados pelo professor de uma forma abstrata, dissociada da realidade prática, compromete a qualidade da aprendizagem obtida por meio do modelo de ensino tradicional”.

Optou-se por fazer a análise através dos softwares (que também pode ser uma animação interativa), por acreditar que esse instrumento traz consigo maiores possibilidades, e riqueza de fenômenos a serem observados, que ajudarão na resolução de problemas, possibilidades estas que o método de ensino tradicional (quadro branco e pincel), não traz, por ser limitado, conforme afirma Tavares:

A animação interativa tem-se configurado como uma possibilidade alvissareira no processo ensino-aprendizagem de Ciências Naturais de modo geral e de Física, de modo particular (HALLOUN - 1996; VEIT E TEODORO - 2002). Uma animação se caracteriza por mostrar a evolução temporal de um dado evento e se presta de maneira exuberante para a exposição de fenômenos que se apresentam intrincados

para aqueles alunos que não têm uma percepção visual aguçada ou uma capacidade de abstração sofisticada, como acontece no modo tradicional, maiores meios para extrair informações, de aspectos que poderão ser favoráveis ao alcance do objetivo proposto, que é a melhor aprendizagem. (TAVARES, 2004).

Segundo Antônio e Castello (2007), ambientes computacionais podem ser uma alternativa de auxílio ao processo de ensino aprendizagem, pois facilitam a assimilação pelos alunos dos conteúdos ministrados e tornam esses processos mais dinâmicos, ágeis e prazerosos. A utilização de ferramentas computacionais no ensino prende mais a atenção do aluno, aproximando a teoria da prática e contribuindo para o aprendizado (SILVA, 2003).

Galperin (1967, p. 274-275), nos aponta o caminho como iniciar esse processo, “o processo de internalização da atividade mental externa para interna constitui-se um ciclo cognitivo único, que pode ser estudado separadamente por quatro parâmetros”. Nossos objetivos específicos estão contemplados dentro dos parâmetros apontados por Galperin, ao abordarmos a teoria de formação por etapas das ações mentais de Galperin.

A pesquisa foi dividida em três capítulos, sendo o primeiro o da Fundamentação Teórica, que se subdivide em: fundamentos filosóficos, psicológicos e de ensino problematizador, onde se apresentam as Teorias de Histórico-cultural de Vygotsky, Teoria da Atividade de Leóntiev, Teoria de Formação das Ações Mentais e Conceitos de Galperin, Teoria Geral de Direção da Atividade de Estudo de Talízina e Teoria que trata da Resolução de Problemas Segundo Majmutov. O segundo capítulo se dedica a ciência envolvida na pesquisa, por se tratar de um mestrado profissional em ensino de ciências, nada mais justo do que dedicar um capítulo para discorrer sobre a física que a dissertação trabalhará. Já o terceiro capítulo traz os procedimentos metodológicos e análise dos resultados alcançados.

## CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É necessário ter um caminho a ser seguido, sempre que se tem o desejo de chegar a um determinado lugar, partindo dessa premissa, quando se trata de ensino aprendizagem, o caminho certamente será trilhado sempre com o auxílio de teorias da aprendizagem, que dirão como se deve prosseguir a caminhada, por onde ir, rumo a obtenção do novo, do conhecimento buscado. Com esse entendimento é necessário lançar mão de Teorias, segundo Moreira (2011, p. 13) “Uma teoria de aprendizagem é, então, uma construção humana para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos de aprendizagem”

Ainda, segundo Galperin (2013a, p. 478) “[...] chamaremos aprendizagem a toda atividade cujo resultado é a formação de novos conhecimentos e habilidades em quem a executa, a incorporação de novas qualidades aos conhecimentos e habilidades que já se possuíam”, o objetivo vai além de repetir informações já consolidadas, é levar a novas informações ainda ocultas por parte do aprendiz.

A partir dessas definições, iremos tratar neste capítulo de aspectos que têm implicações mais claras para a aprendizagem e o ensino. Trata-se sem dúvida, de uma abordagem fundamentada nas obras apresentadas abaixo, de maneira sucinta e objetiva. Para aprofundamento, recomenda-se recorrer as bibliografias citadas.

### 1.1 FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS

Sem o fundamento filosófico, dificulta o processo de argumentação, na busca pelo novo, o *devir*, e a ciência não consegue evoluir, pelo fato de se acomodar com o que já se foi descoberto, portanto é necessário se lançar mão nesses fundamentos, que irão despertar a certeza de que não se tem certeza, a querer mais, e avançar rumo ao novo. O pensamento de Bachelard é de que não existe um conhecimento pronto e acabado, ou seja, um roteiro a ser seguido; pelo contrário, o que existe, se existe alguma coisa, é o devir, o inesperado; um instante a ser intuído e não construído.

Para Bachelard, a dialética constitui-se em reflexos sem fim. Assim, a dialética deve determinar modificações profundas no pensamento científico contemporâneo e preparar a formação do novo espírito científico. (BACHELARD, 2005, p. 7).

Pensar cientificamente, para Bachelard é colocar-se no campo epistemológico intermediário entre teoria e prática, entre matemática e experiência. Esse é talvez um dos

principais motivos que ainda impedem os discentes de avançar de maneira mais rápida, dentro da educação básica, principalmente, pois se percebe limitação a experiências de anos, esquecendo-se de buscar um fundamento teórico que seja capaz de fazer cada agente envolvido na educação repensar essa prática.

O que se percebe muitas vezes, são professores que não abrem mão de uma didática ultrapassada, por julgar que essa é a única capaz de fazer os discentes aprenderem, porque ele aprendeu daquela forma, e deu resultado. Ghedin (2015), afirma que um professor, que não rever continuamente seu método de ensino está condenado a viver na superfície do conhecimento, ou seja, não colabora com a libertação intelectual do educando, enfim, não ajuda o educando a pensar com a própria cabeça.

Para que se construa e aceite o novo, Bachelard parte das teorias anteriores e nega-as, construindo assim um progresso descontínuo na ciência. “Dialetizar o pensamento é aumentar a garantia de criar cientificamente fenômenos completos, de regenerar todas as variáveis degeneradas ou suprimidas que a ciência, como o pensamento ingênuo, havia desprezado no seu estudo” (BACHELARD, 2000, p. 20).

Creemos que a partir dessa clareza da dialética, e dessa necessidade de pensar cientificamente, sem desconsiderar aquilo que já existe e seu contexto histórico, teremos uma educação que liberta, esclarece, e transforma os seres humanos em pessoas melhores, que contribuem de maneira significativa para continuar fazendo ciência. Pessoas conscientes, de que o que se sabe ainda não é nada perto do que necessita saber, e esse pensamento nos permite rever frequentemente as nossas, certezas e verdades, que temos até então.

Sobre tais categorias, pretende-se discorrer neste ponto da pesquisa, afim de se desenvolver uma pesquisa coesa que leva em consideração não só as teorias dos métodos pedagógicos tradicionais, mais os aspectos cognitivos de cada ser envolvido no processo de educação. A transformação das categorias lógicas e psicológicas em categorias educacionais, nos possibilitará modificar o sistema de conceitos tradicionais impregnados, e nos oferecerá uma oportunidade de desenvolver um produto que reflita uma nova teoria de ensino, que aproxime as estruturas de atividade científica e aluno.

## 1.2 FUNDAMENTOS PSICOLÓGICOS

Visando o prosseguimento, rumo a encontrar as vias reais de aproximação da estrutura cognitiva professor-aluno e a atividade investigativa criadora, é essencial analisar aspectos do

conhecimento que antes eram deixados de lado, isto é, os aspectos psicológicos, que se forem ignorados nos distanciará cada vez mais de maior efetividade no processo de ensino aprendizagem dos discentes, e de compreender como se comporta a cognição dos alunos durante esse processo. Mais onde podemos encontrar os conceitos psicológicos, e como analisar? Majmutov (1983, p. 32) sugere que eles podem ser revelados a partir da lógica dialética como o conhecimento do método realidade, que possui categorias de análise.

As principais categorias de lógica dialética são os conceitos de "reflexão e contradição. Os itens mais significativos, decorrentes do exposto que caracterizam o processo da atividade no homem, são as categorias da teoria da criatividade conhecimento, problema e hipótese, que não fazem parte das categorias de ensino tradicional. Estes conceitos são ao mesmo tempo psicológicos e refletem as particularidades da atividade mental dos seres humanos. (MAJMUTOV, 1983, p. 32)

Essas categorias nos conduzirão certamente a fundamentos filosóficos, que nos possibilita a avançar no conhecimento do desconhecido. É esse fundamento filosófico que permite o avanço, que possibilita a descrença, o desarmamento de verdades absolutas, para que com essa descrença, surjam novos conhecimentos, Bachelard (2005), afirma que somente uma filosofia desprovida de verdades primeiras será capaz de dar conta do Novo Espírito Científico. Esta nova filosofia não considera para si outras evidências se não a dialética.

### **1.2.1 Teoria Histórico-Cultural – L. S. Vygotsky**

A teoria de Vygotsky, parte da premissa que o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referenciar o contexto social e cultural no qual ele ocorre. Segundo Moreira (1999, p. 121), “sua teoria é construtivista, no sentido de que os instrumentos, signos e sistemas de signos são construções sócio histórica / culturais, e a internalização, no indivíduo, dos instrumentos e signos socialmente construídos, é uma reconstrução interna em sua mente”.

Não se pode entender o homem, isolado de seu contexto histórico cultural, bem como não será possível também, possibilitar ao homem o novo conhecimento, sem considerar que esse conhecimento do homem é um produto de trocas recíprocas, que se estabelecem durante toda a vida, entre indivíduo e meio, cada aspecto influenciando sobre o outro. Considerar a cultura um fator de forte interferência na cognição do homem, é fundamental durante o processo de ensino aprendizagem.

A teoria de Vygotsky tem sua base em três pilares: processos mentais superiores do indivíduo têm origem em processos sociais; processos mentais só podem ser entendidos se entendermos os instrumentos e signos que os mediam; e, “método genéti-co-experimentar” que traz a análise do desenvolvimento cognitivo do ser humano. (DRISCOLL, 1995, p. 225 apud MOREIRA, 1999, p. 109-110).

É durante a socialização, a convivência com o outrem que o indivíduo desenvolve o seu cognitivo, e não o contrário, para este teórico não é possível acontecer o desenvolvimento da cognição sem a socialização. A pergunta que podemos nos fazer, é a seguinte: como essas relações sociais se convertem para o psicológico? Vygotsky responde que será por meio da mediação, onde encontramos justificativa para abordar tal teoria em nossa pesquisa. “É pela mediação que se dá a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais e isso é típico do domínio humano” (GARTON, 1992, p. 89, apud MOREIRA, 1999, p. 110).

Tal mediação, não ocorre de qualquer jeito, ela ocorre por meio de instrumentos (algo utilizado para fazer alguma coisa), e signos (algo que significa alguma outra coisa). “Existem três tipos de signos: 1) **indicadores**, são aqueles que têm uma relação de causa e efeito com aquilo que significam (Ex.: fumaça indica fogo, porque é causada por fogo); 2) **icônicos**, são imagens ou desenhos daquilo que significam; 3) **Simbólicos**, são os que têm uma relação abstrata com o que significam”. (MOREIRA, 1999, p. 111)

A internalização de instrumentos e signos são necessários para que aconteça o desenvolvimento cognitivo superior, é importante ressaltar que isso não se dá de qualquer forma, e em qualquer tempo, e que a aprendizagem tem um papel fundamental para que ocorra essas internalizações.

[...]desde o momento em que o desenvolvimento das funções mentais superiores exige a internalização de instrumentos e signos em contextos de interação, a aprendizagem se converte na condição para o desenvolvimento dessas funções, desde que se situe precisamente na zona de desenvolvimento potencial do sujeito, definida como a diferença entre o que ele é capaz de fazer por si só e o que pode fazer com ajuda de outros (RIVIÈRE, 1987, p. 96 apud MOREIRA, 1999, p. 116).

A aprendizagem deve levar em consideração durante todo o processo a zona de desenvolvimento proximal (ZDP)<sup>1</sup>, pois esta será essencial durante a formação desses novos conceitos a serem internalizados, quando não levamos em consideração essa ZDP,

---

<sup>1</sup> “a zona de desenvolvimento proximal é definida por Vygotsky como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de uma criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes”. (VYGOTSKY, 1988, p. 97).

difícilmente iremos conseguir atingir o objetivo daquela aprendizagem, pois aquilo que o ser não sebe nada a respeito, logo perderá o interesse e não internalizará.

Para Moreira (1999, p. 16), a zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. “É uma medida do potencial de aprendizagem; representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre; é dinâmica, está constantemente mudando”. O aprendizado ocorre dentro dessa zona, porém o grande desafio está em estabelecer os limites dessa zona, segundo Driscoll (1995, p. 233),

o limite inferior é, por definição, fixado pelo nível real de desenvolvimento do aprendiz. O superior é determinado por processos instrucionais que podem ocorrer no brincar, no ensino formal ou informal, no trabalho. Independentemente do contexto, o importante é a interação social.

Em resumo a teoria traz a afirmação de que para que ocorra o desenvolvimento das funções mentais superiores, é necessário haver a internalização de instrumentos e signos, e essa internalização se dá através da interação, e que para ocorrer a interação, deve ser levado em consideração a ZDP do sujeito. A teoria Vygotsky se diferencia de outras perspectivas teóricas, onde o desenvolvimento cognitivo tem sido interpretado como necessário para a aprendizagem, porém na visão do teórico, a aprendizagem que é uma condição necessária para tal desenvolvimento.

Para Vygotsky, o único bom ensino é aquele que está à frente do desenvolvimento cognitivo e o dirige, ou seja, tem que ser algo que eu o busco, que eu esteja sempre perseguindo, é um retrocesso ensinar algo onde os aprendizes já sabem, ou nunca nem ouviram falar, em nenhum dos dois casos o ensino não estará à frente de meu cognitivo, quando o sujeito nunca ouviu falar, ele está fora da minha ZDP, e se o sujeito já sabe aqueles conceitos, estarei estacionado sem o conduzir a um desenvolvimento da sua cognição, por isso se faz necessário observar os limites superior e inferior da ZDP.

Percebemos ainda que o professor tem um papel fundamental para que aconteça o desenvolvimento cognitivo na vida dos sujeitos, pois ele é o mediador no ensino entre o aprendiz e os instrumentos e signos a serem adquiridos por eles, é pela mediação que se dá a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) de atividades e comportamentos sócio históricos e culturais, o ensino só será consumado quando aprendiz e professor compartilharem os significados.

o papel fundamental do professor como mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos, o indispensável intercâmbio de significado entre professor e aluno dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, a origem social

das funções mentais superiores, a linguagem com o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo, são muito mais importantes para ser levados em conta no ensino (MOREIRA, 1999, p. 120).

Portanto, para que aconteça o ensino deve haver a interação social, e o intercâmbio de significados, dentro da ZDP dos aprendizes, sem os tais, não há aprendizagem e nem desenvolvimento cognitivo.

### **1.2.2 A Teoria da Atividade**

A teoria da atividade tem como principal pesquisador Aléxis N. Leóntiev (1903-1979) que foca seus estudos na atividade humana, nos seus estudos aponta uma maneira de organizar o processo de ensino e aprendizagem, cuja intenção essencial é aumentar a eficiência do processo instrutivo e educativo, com base no ensino programado.

Leóntiev traz sua interpretação de como deve ser encarada pelos educadores o processo de ensino e aprendizagem, trazendo a proposta da atividade.

...no son los conceptos (ni, por consiguiente, los significados ni los signos ni los instrumentos), sino la actividad real que une al organismo con la realidad circundante, la que determina el desarrollo tanto de la conciencia en su conjunto como de algunas funciones psíquicas (LEÓNTIEV, 1947a, apud TALÍZINA, 1988).

Leóntiev defende que é a atividade que determina o desenvolvimento tanto da consciência, como de algumas funções psíquicas, para este autor a psique não é considerado como um complemento subjetivo para a atividade vital do organismo, mas como uma forma de atividade da vida em si.

Para Leóntiev a atividade nasce da necessidade de superar estímulo e resposta. A atividade humana tem como característica principal seu caráter objetal. Uma atividade sem objeto é, na verdade, uma atividade que tem um objeto oculto e é necessário à investigação científica da atividade determinar tal objeto (LEONTIEV, 1981, apud PONTELO E MOREIRA). O objeto aparece de duas formas: em sua própria existência, independente de qualquer outra coisa; e como imagem do sujeito, formado por este a partir de seu prisma. É importante destacar que cada sujeito tem uma imagem psíquica refletida a partir do objeto, essa imagem é criada a partir da atividade do sujeito com o objeto e varia de sujeito para sujeito.



la utilización de los instrumentos-signos ofrece al hombre la posibilidad de dominar su conducta, dirigir sus procesos psíquicos que, de inferiores, naturales, no mediatizados y arbitrarios, se convierten en superiores, sociales, mediatizados y voluntários. (TALÍZINA, 1988, p. 16)

Tais signos são formados a partir do objeto, que é refletido para o sujeito como uma forma de signo e oferece para estes a possibilidade “controle” a partir do que o sujeito tem internalizado em sua psique. Portanto esse instrumento de transformação surge primeiro como externo, material que utiliza em condições de atividade conjunta, coletiva para organização coletiva de outras pessoas, posteriormente se converte em internos, psíquicos, que se utiliza individualmente para dirigir a conduta de cada sujeito.

Percebemos, porém, que esse objeto que será internalizado pelo indivíduo através da atividade, não é qualquer objeto, e não acontece de qualquer forma, a “necessidade” é uma condição interna para que ocorra a atividade humana (LEONTIEV, 1981), e conseqüentemente a internalização. Toda atividade tem um motivo por qual ela se constituiu, tem uma razão de existir, portanto toda atividade que é desenvolvida, tem um motivo que a dirige e impulsiona a ser desenvolvida, existe uma necessidade de se desenvolver aquela atividade, portanto a atividade objetual é definida pela necessidade que a constitui.

Essas atividades não serão realizadas de qualquer forma, elas são realizadas por meio de ações. E toda ação está subordinada a um objetivo, eu só irei agir se tiver um objetivo para agir. Então toda ação tem um objetivo a ser alcançado, assim como toda atividade tem uma necessidade a satisfazer. Portanto, a necessidade cria a atividade, que acontece através de ações, sendo que cada ação tem seu objetivo próprio.

“As ações de uma atividade são estimuladas pelo motivo da mesma, mas estão dirigidas aos seus objetivos próprios” (LEONTIEV, 1981). Quando o sujeito tem consciência do motivo gerador da atividade, pode-se dizer que tal motivo torna-se um objetivo mais geral de onde podem ser tirados os objetivos parciais que levarão às ações a serem executadas. (PONTELO E MOREIRA).

Dito isto, pode-se aferir que uma atividade tem um objetivo geral que irá motivar as ações, que serão realizadas com o intuito de alcançar os objetivos específicos de cada ação. Cada ação pode ser realizada de diversas maneiras. A essas maneiras é dado o nome de operação. Portanto, para alcançar um determinado objetivo, o sujeito realizará uma ação através de várias operações. Assim como as ações se relacionam com seus objetivos, as operações são relacionadas às condições de realização dessa ação (LEONTIEV, 1981; OLIVEIRA, 1997).

Na figura 1 tem-se uma representação da atividade objetal. Percebe-se nesse esquema, que a atividade é constituída a partir de um motivo. Essa atividade gera ações, sendo que cada ação seguirá um objetivo próprio. Cada ação será concretizada através de operações, que dependerão das condições de realização da atividade oferecidos pelo ambiente no qual a atividade está inserida.

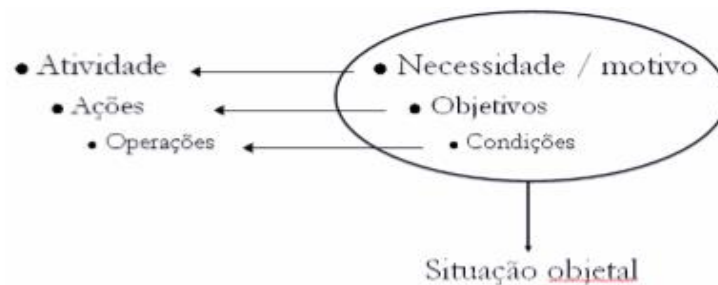


Figura 1: Representação esquemática da estrutura da atividade humana

FONTE: Pontelo e Moreira, disponível em:

[http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos\\_senept/anais/terca\\_tema1/TerxaTema1Artigo8.pdf](http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema1/TerxaTema1Artigo8.pdf).

Cada sujeito vai procurar realizar as suas atividades a partir das condições que a ele foram impostas, e essas condições variam de sujeito para sujeito. O que explica os estudantes terem acesso ao mesmo objeto e resultados diferentes? Vários são os fatores que contribuem, segundo Talízina (1988, p.16), essa relação entre a atividade externa e o que está internalizado, segue pelo menos três linhas.

En primer lugar, las particularidades de la actividad práctica de los hombres intervienen como las determinantes del carácter específico de su psiquis. En segundo lugar, la estructuración de la psiquis humana se examina por analogía con la estructura de su actividad laboral. Finalmente, las funciones psíquicas mediatizadas surgen al principio en el proceso de la actividad exterior conjunta; el lenguaje y otros instrumentos-signos intervienen al principio como sus elementos.

Essas três linhas nos levam a compreensão que as operações a serem realizadas, irão variar inevitavelmente, pois os sujeitos têm características ímpares que o diferenciam, e, portanto, os colocam em condições diferentes para a realização de operações.

Embora existam essas particularidades que variam de sujeito para sujeito, é importante ressaltar que para realizar a ação é necessário que tal sujeito seja consciente do objetivo, “Ele pode não ter consciência da necessidade que o leva a realizar determinada ação, mas é necessário que ele seja consciente do objetivo da mesma” (LEONTIEV, 1981). Isso explica a importância que o docente ao propor a realização de uma atividade, se não ficar claro a necessidade, o motivo, as ações não serão realizadas com o fim desejado, por desconhecerem

o objetivo a ser alcançado. Leóntiev reconhece nos trabalhos de Vygotsky que a atividade interna ou mental é reflexo da atividade externa ou material, mas não indica como é esta transformação.

### 1.2.3 Teoria de Formação das Ações Mentais e Conceitos de Galperin

Posteriormente a Leóntiev, que não indica como ocorre a transformação da atividade externa para a interna ou material, temos Galperin que indica o caminho para a transformação, não resolvida por Leóntiev, ao colocar que a atividade de estudo antes de ser mental deve passar por cinco etapas. (GALPERIN; TALÍZINA, 1967; TALÍZINA, 1984, 1988).

Seguindo Vigotski e Leóntiev, Galperin assinalou que os novos tipos de atividade psíquica se assimilam, no início, em forma externa, material, e logo se transformam em forma interna, psíquica. Esta transformação segue o caminho do sistema das características (parâmetros) independentes; a combinação de suas mudanças qualitativas constitui uma série de etapas, cuja substituição lógica forma o processo de transformação da atividade material, externa, em atividade psíquica, interna. (CHIRONE, 2016, p.25).

Segundo Neto (2016, p. 40), a teoria de assimilação de Galperin considera que os estudantes sob a orientação do professor e sob um processo que segue etapas definidas, assimilam procedimentos gerais da atividade intelectual como também de conhecimento.

Seguindo essa direção a Teoria de Galperin é estruturada baseando uma aprendizagem que vai de conceitos teóricos a científicos, visando desenvolver o pensamento do estudante em um sistema de atividade, no qual a cada alcance do objetivo inicial, passa-se a outro nível mais elevado, e o cumprimento de cada nível conduzirá o estudante a novos hábitos e conhecimentos, são abordadas tanto as atividades psíquicas quanto as atividades externas.

Galperin demonstrou que a atividade prática externa se interioriza e adquire a forma de atividade interna ideal. No entanto, ao tomar a forma psíquica e tornando-se relativamente independente, não se deixa de representar a atividade, ou seja, os processos dirigidos para a solução de tarefas vitais que surgem no processo de interação do sujeito com o mundo (NÚÑEZ & OLIVEIRA, p.293, apud NETO, 2015, p. 40).

Porém, antes de se construir um sistema de procedimentos a serem realizados por parte dos discentes, são necessárias algumas importantes observações, para que se tenha sucesso em tal sistema. Segundo Talízina (1988), para a construção do sistema de ações nas soluções de problemas didáticos devem realizar-se os seguintes atos: definir o objetivo de ensino da

atividade de estudo, determinar o nível de partida na atividade cognoscitiva, formar a base orientadora da ação, selecionar as tarefas do processo de assimilação e os instrumentos de controle, executar a retroalimentação e correção.

O estudante só se permitirá a desenvolver atividade, se esta tem um objetivo e este objetivo deve está muito claro para tal discente, levando ele a ter um motivo que impulse ele a entrar nesse processo, caso o objetivo não dê motivo a ele, essa ação não será executada.

Para que ocorra a aprendizagem de conceitos no método de ação por etapa, é necessário estruturar as condições mediante a *Base Orientativa da Ação (BOA)*, ela situa-se “entre o sujeito e o objeto da ação, tendo como principal função fazer a mediação entre ação e a solução da situação problema, fornecendo-lhe uma orientação acerca dos meios necessários para obter o êxito da ação”.

A ação será sempre coordenada pela Base Orientadora da Ação - BOA, é nela que o estudante deverá encontrar as coordenadas a serem seguidas, por esse motivo faz-se necessário sempre dá uma atenção especial na construção dessa BOA, pois se a mesma faz-se confusa ao estudante, dificultará o andamento do processo de ensino.

Importante destacar ainda que segundo (GALPERIN, 1959) O mecanismo psicológico de uma ação íntegra não está limitado pela sua atividade orientadora que se realiza diretamente. Neste mecanismo se inclui todo o sistema das formas anteriores da ação escolhida que diretamente não se realizam, mas se consideram e se assegura a conservação na consciência do estudante da lógica objetiva da ação reduzida: seu caráter consciente.

“Em toda ação humana têm três partes: orientação, execução e controle” (GALPERIN, 1958, p. 34).

A parte orientadora da ação está relacionada com a utilização, pelo homem, do conjunto de condições concretas, necessárias para a realização de determinada ação. A parte executiva assegura as transformações no objeto da ação (ideal ou material). A parte de controle deve acompanhar o decorrer da ação, confrontando os resultados obtidos com os modelos considerados. Com sua ajuda se faz a correção necessária tanto na parte de orientação quanto na de execução da ação. (CHIRONE, 2016, p.26)

Toda ação existe uma estruturação que a direciona, e primeiramente a ação é material, depois verbal, e por fim, mental, possibilitando o desenvolvimento das funções psíquicas.

Segundo Puentes e Longarezi (2013 apud NETO, 2015, p. 41),

No processo de internalização, pode-se distinguir a “orientação” e a “execução” da ação. A “base orientadora da ação” é uma concepção prévia da ação que se realizará, um modelo da atividade que o professor apresenta como mediação semiótica e pode ser de vários tipos (p. 38).

Pode-se aferir que a teoria de Galperin, tem em sua essência três vertentes, em primeiro lugar, em encontrar a forma adequada da ação (Talízina, 1988); segundo, encontrar a forma material de sua representação; e, terceiro, transformar essa ação externa em interna.

Segundo Galperin (1967, p. 274-275), o processo de internalização da atividade mental externa para interna constitui-se um ciclo cognitivo único, que podem ser estudados separadamente por quatro parâmetros, onde se encontram as cinco etapas da teoria elencadas.

O primeiro parâmetro é composto por três níveis de processo: O material, um modelo que contemple os aspectos essenciais do objeto a ser assimilado; O verbal, as ações da atividade devem ser resolvidas pelo aluno na forma oral ou escrita; E o Intelectual, a atividade passa a ser executada com base na articulação expressada em forma de linguagem externa para si, sendo uma ação interna, porém dirigida para si próprio.

O segundo parâmetro refere-se ao grau de generalização. É verificada pelas situações em que o aluno utiliza os conceitos em relação às condições que possibilitam sua aplicação.

Na Teoria de Formação por Etapas das Ações Mentais, a generalização é considerada como uma das características fundamentais de qualquer ação. O processo de generalização não se encontra na dependência direta das propriedades gerais dos objetos com as quais opera o homem. A generalização se realiza sempre de acordo com as propriedades dos objetos que entram na composição das BOAs dirigidas à análise dos objetos. (CHIRONE, 2016, p.28).

O terceiro e o quarto parâmetro correspondem às condições psicológicas que o aluno estrutura para realizar suas ações. Se já é capaz de implementar e organizar novas operações por conta própria. Quanto o aluno transfere ao plano mental apenas a parte orientativa e a executiva permanece no plano material, não ocorre uma aprendizagem.

Resumidamente as cinco etapas da Teoria de Formação por etapas de Galperin, temos:

1ª. Etapa da Base Orientadora da Ação - BOA: etapa onde os estudantes recebem as explicações necessárias a respeito do objetivo da ação. É a etapa onde se identifica o conhecimento prévio da ação e das condições de sua realização.

Nesta etapa, o estudante descobre o conteúdo da BOA; é introduzido o objeto de estudo; se mostra aos estudantes como, e em que ordem, se realiza os três tipos de operações que formam a ação: orientadora, executora e de controle. A atividade do professor nesta etapa consiste na interiorização de suas ações mentais, as apresenta aos estudantes na forma material ou materializada. (CHIRONE, 2016, p.28).

2ª. A segunda é a etapa da formação da ação na sua forma material (ou materializada). Onde os estudantes já se familiarizaram com ação e já a conhecem, porém de forma ainda materializada.

3ª. A formação da ação como verbal externa é a terceira etapa. Onde todos os elementos da ação estão representados na forma verbal externa, a ação é generalizada, mas não automatizada nem reduzida.

4ª. A quarta etapa, a etapa da formação da ação na linguagem externa “para si”, se distingue da anterior porque a ação se realiza em silêncio, sem escrevê-la: como interpretação interna. “No início a ação, de acordo com as outras características (o caráter desenvolvido da consciência e da generalização), não é diferente da etapa anterior. Adquirindo a forma mental, a ação começa a reduzir-se e automatiza-se rapidamente” (CHIRONE, 2016, p.28).

5ª formação da ação na linguagem interna. Nesta etapa a ação adquire, muito rapidamente, um desenvolvimento automático, se torna inacessível à auto-observação. Agora se trata do ato do pensamento, onde o processo está oculto e se abre à consciência só o produto deste processo; “na ação mental formada quase todo o seu conteúdo real se abandona à consciência, o que fica nela não pode ser compreendido corretamente sem a relação com os outros” (GALPERIN, 1959).

Para determinar a etapa que se encontra os estudantes tem que recorrer às características primárias e secundárias das ações. As primárias são: a forma, o caráter generalizado, explanado e assimilado e as secundárias são: o caráter razoável, consciente, abstrato e a solidez (TALÍZINA, 1998).

Além das cinco etapas Talízina (1988) introduziu uma etapa que antecede as demais, chamada de etapa motivacional, pois segundo ela, caso não seja trabalhada durante o processo de ensino programado, esta pode comprometer as demais etapas no planejamento da formação da ação mental e dos conceitos (TALÍZINA, 1988). No entanto “o motivo nasce do encontro entre a necessidade e o objeto, é ele que impulsiona a atividade, uma vez que objetos e ações por si só não são capazes de iniciá-la” (LONGAREZI e FRANCO, 2013, p.90, apud NETO, 2015, p. 46).

#### **1.2.4 Teoria Geral de Direção da Atividade de Estudo**

Além das cinco etapas apontadas por Galperin, Talízina (1988) introduziu uma etapa que antecede as demais, chamada de etapa motivacional, pois segundo ela, caso não seja trabalhada durante o processo de ensino programado, pode comprometer as demais etapas no planejamento da formação da ação mental e dos conceitos (TALÍZINA, 1988).

Talízina traz a etapa zero, que antecede as cinco apontadas por Galperin, para esta autora o motivo se dá entre a necessidade e o objeto, e sem o motivo, todo o processo ficará comprometido. Essa etapa, diferente das demais, não é uma ação, mais uma condição que o discente deve ter ao longo de todas as demais etapas, pois o motivo o levará a concluir cada degrau a ser percorrido, o professor irá utilizar-se de meios que irão possibilitar a coleta das informações necessárias para ter o feed back do que se almeja alcançar, dirigindo o processo e fazendo a intervenção sempre que julgar necessário.

Talízina enfatiza que pelo fato do professor se o agente que irá dirigir o processo de estudo, não significa que ele irá impor as suas convicções sem levar em consideração a natureza de cada objeto de estudo, deve antes considerar o objetivo almejado, a situação do objeto (processo) e suas características, sempre buscando a aproximação do objetivo. Ela ainda enfatiza que a liberdade aparece como uma necessidade conhecida nesse processo.

Segundo Talízina (1988), todos os tipos de direção podem se dividir em isolados e cíclicos, no caso do isolado, no primeiro tipo é a direção sem a possibilidade de retorno e, portanto, nenhuma resposta sobre o andamento do processo conduzido pelo sistema de direção é obtida, o que não atende ao processo exigido no ensino aprendizagem, onde esse retorno é primordial. Já no segundo caso, pressupõe a um e outro. Esta é uma forma mais eficaz para dirigir o processo de maneira controlada, sempre podendo fazer as intervenções que necessitarão ao longo da caminhada.

Segundo Talízina (1988, p. 46) a direção do tipo cíclica permite o uso da retroalimentação e, conseqüentemente, a correção do processo dirigido pelo sistema de direção, pode realizar-se em maneiras diferentes:

- a) de acordo com o princípio da chamada “caixa preta”, quando a retroalimentação e a correção do processo se realizam, somente, tendo em conta a “saída”, o produto final do processo (o caminho que leva a este produto fica desconhecido);
- b) de acordo com o princípio da chamada “caixa branca” (transparente); neste caso, a retroalimentação proporciona as informações a respeito do processo que obtêm o produto final.

Nossa pesquisa utilizará a direção de acordo com o princípio da “caixa branca (transparente)”, que traz alguns requisitos de sistema a serem cumpridos: 1) Indicar o objetivo da direção; 2) estabelecer o estado de partida do processo dirigido; 3) determinar o programa que fornece as principais influências dos estados transitórios do processo; 4) garantir o recebimento das informações de acordo com um conjunto específico de parâmetros sobre o

estado do processo dirigido, ou seja, garantindo retorno de forma sistemática; 5) assegurar o tratamento das informações obtidas pelo canal de ligação de retorno, o desenvolvimento de influências corretivas (reguladoras) e sua realização.

Em relação ao primeiro princípio, percebe-se que a análise dos objetivos deve ser feita no início, a nível macro, indicando todas as mudanças que devem ser coletadas na personalidade do estudante no dado nível de educação ou em processo de estudo do tema dado. O conteúdo específico dos objetivos de ensino é determinado por um número de fatores, que dentre eles dar-se destaque ao sócio Histórico. É importante entender que um conjunto de fatores influenciam na formação da cognição do indivíduo, portanto a identificação da existência de conhecimentos específicos e ações cognitivas necessárias para a formação de um dado tipo de atividade cognitiva, será importante para o alcance dos objetivos propostos.

A respeito do segundo princípio, Talízina (1988), enfatiza que assim como no caso dos objetivos de ensino, a análise do estado inicial da atividade psíquica das pessoas que são ensinadas deve ser feita em dois níveis: 1) se o estudante dar respostas em relação ao desenvolvimento psíquico com objetivos no estágio dado da educação ou o estudo do assunto determinado; 2) estabelecer a existência de conhecimentos específicos e ações cognitivas necessárias para a formação de um dado tipo de atividade cognitiva.

Quando verificada a existência de prévio conhecimento e hábitos necessários pode haver dois casos: a) todo o conhecimento e os hábitos necessários estão presentes; b) parte do conhecimento e os hábitos prévios não são formados com índices necessários para a assimilação de novos conhecimentos e hábitos. No primeiro caso, na formação programa de ensino única novos conhecimentos e determinado pelo objetivo de hábitos de ensino são esperados; no segundo, o sistema deve priorizar inicialmente a ligação do prévio conhecimento e os hábitos, na formação desses conhecimentos, fornecendo-os com a finalidade de ensinar, para somente então depois de feito isso, avançar na busca por uma assimilação nova na cognição desses alunos.

Essa definição do estado de partida pode ser útil também na identificação das particularidades de cada indivíduo, a partir de então, monta-se objetivos observando cada uma dessas particularidades

O terceiro princípio que Talízina traz é: determinar o programa que fornece as principais influências dos estados transitórios do processo, o êxito do cumprimento dos objetivos ao chegarmos no estado final, irá depender do programa de estudo que será



montado, e este deve estar em concordância com a Teoria do Estudo, que irá dirigir os passos do programa, sem deixar de observar o que foi encontrado nos dois princípios iniciais.

Para cumprir o quarto princípio (garantir o recebimento das informações de acordo com um conjunto específico de parâmetros sobre o estado do processo dirigido, ou seja, garantindo retorno de forma sistemática), essa forma sistemática deverá observar duas vertentes: em primeiro lugar, deve ser feita a separação do conjunto de características controladas levando em conta os objetivos de ensino por um lado e por outro, a teoria psicológica que serve como pano de fundo para confecção do programa de ensino. Em segundo lugar, deve-se determinar a frequência de resposta das informações, pois quanto mais controle se tem sobre as respostas recebidas, maior será a eficácia do controle no processo, e mais alta é a eficácia da direção, segundo Talízina (1988). Em um primeiro momento, essa preocupação em manter o controle, obtendo o feed back, e corrigindo quando for necessário, elogiando quando estiver indo na direção certa, serve também como um reforço positivo ao estudante, dando-o mais segurança sobre aquilo que está desenvolvendo, trabalhando, portanto, a parte motivacional do estudante.

E por fim, para que se utilize a direção de acordo com o princípio da “caixa branca (transparente)”, deve ser cumprido o quinto princípio apontado pela autora: assegurar o tratamento das informações obtidas pelo canal de ligação de retorno, o desenvolvimento de influências corretivas (reguladoras) e sua realização. Segundo Talízina (1988, p. 53), essa correção pode ser de três maneiras:

- 1) reacción a los cambios previstos de la situación (en este caso, según los indicios indirectos, se anticipan las influencias nocivas sobre el sistema y en correspondencia con su carácter se reestructura el programa);
- 2) reacción a los cambios ya producidos en la situación (la corrección del programa se realiza en correspondencia con las condiciones cambiadas del trabajo del sistema; en el primero y el segundo casos la corrección permite evitar las desviaciones en el proceso dirigido, ya que se hace antes de que las condiciones cambiadas ejerzan una influencia nociva sobre este proceso);
- 3) reacción a los errores (en este caso tienen lugar desviaciones en el curso del proceso bajo el efecto de unas u otras influencias nocivas sobre él, mientras que la corrección del programa se realiza de acuerdo con el carácter de las desviaciones a base del análisis de los errores).

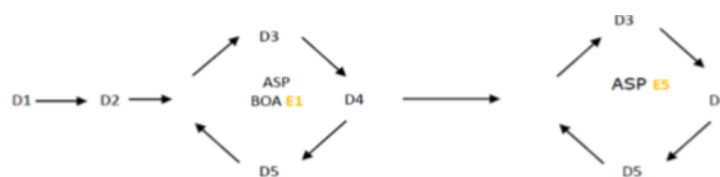


Figura 2: Direção de estudo

Fonte: Mendoza (2009).

Cumprindo tais princípios durante o processo, a possibilidade de obter sucesso é elevada, segundo Talízina. Em resumo, o processo de ensino aprendizagem deve estar sob o comando do professor seguindo os princípios da teoria geral de direção, constituída por: o objetivo de ensino (D1), o estado de partida da atividade psíquica dos estudantes (D2), o processo de assimilação (D3), a retroalimentação (D4) e a correção (D5). Este processo deve ser cíclico e transparente visando, como elemento principal, o processo de transformação da atividade externa à atividade interna (TALÍZINA, 1984, 1988, 1994), conforme esquema na figura 02.

### 1.3 ENSINO PROBLEMATIZADOR

#### 1.3.1 A Teoria do Reflexo e o Processo de Ensino

Inicialmente, do que se trata tal teoria? Essa pode ser a pergunta que todos se fazem, nada melhor do que responder a essa pergunta, como outra pergunta que pode inicialmente nos situar, o que é um reflexo?

A filosofia marxista-leninista entende reflexo como uma propriedade geral da matéria que é característica tanto da natureza viva e como da não-viva. Neste sentido, se distingue o reflexo em vários níveis de desenvolvimento da propriedade de reflexão, onde cada nível subsequente é mais complexo do que o último. O primeiro nível é o reflexo de natureza não-viva (mecânica, reflexo de física e química). O segundo é uma reflexão sobre a natureza viva (irritabilidade, sensibilidade, sentimentos, percepções, representações, germes de intelecto) natureza. O nível mais elevado é aquele que está condicionado socialmente ao conhecimento do homem, e portanto vai ser diferente em cada ser. (MAJMUTOV, 1983, p. 35)

Na natureza viva, o reflexo pode ser antecipado, que se caracteriza pelos processos de adaptação de qualquer organismo as condições do meio circundante. O reflexo humano pode ser direto (sensorial) como indireto (lógico). O materialismo dialético considera primário a matéria do objeto refletido, sua imagem como secundário e ideal. Majmutov (1983, p. 35), apud Mendoza e Delgado (2016).

O homem ao se deparar com o objeto material, transfere para a mente a imagem que foi refletida daquele objeto, e essa relação entre o material e a imagem formada, é uma importante característica do reflexo, que pode desencadear um tratamento posterior, em cima dessa imagem refletida. “O conhecimento começa, de acordo com a fórmula lenista, com as

sensações e as percepções, e estes tem sua base nas representações e nos conceitos. O conhecimento tem um caráter objetivo, que é produzido em uma percepção viva ao pensamento abstrato (generalização), desde a prática, portanto, o processo do conhecimento é o reflexo dos objetos e fenômenos da realidade na consciência humana incluindo a atividade transformadora e criadora do homem” (MENDOZA E DELGADO, 2016).

Deve-se considerar ainda, que a unidade do reflexo e a criatividade, possuem diferenças entre elas, pois o reflexo representa os câmbios evolutivos do mundo, enquanto a criatividade representa os câmbios revolucionários onde se criam novos valores materiais e espirituais no contexto social. O fundamento da criatividade está no reflexo, quando se obtêm a criatividade, afirma-se que o estudante alcançou o mais alto nível do desenvolvimento do reflexo.

Para Majmutov (1983) o conhecimento vai evoluir, deixando de ser apenas sensação tornando-se conceito, obedecendo três etapas: 1) as observações e experiências; 2) reelaboração lógicas dos dados sensoriais e a abstração dos objetos concretos ou de suas características; e 3) generalização e dedução lógica do conceito geral. O reflexo tem um nível lógico, por conseguinte, o conhecimento científico está longe de começar sempre pelas sensações; o homem tem a possibilidade de refletir teoricamente a realidade objetiva sobre a base dos conceitos, as categorias, os princípios e a leis.

O conhecimento ainda pode ser decomposto segundo Majmutov (1983), em empírico e teórico, e não em sensorial e racional

o sensorial e racional se refere as formas e os níveis dos conhecimentos, enquanto, o empírico e teórico se refere aos níveis do processo cognoscitivo. O empírico está relacionado com a prática através da observação, a descrição, mediação e o experimento que serve de base para manifestar regularidades. O teórico está vinculado com abstração com a busca de princípios e leis. (MAJMUOTOV, 1983, p. 43)

Só chegar-se-á a correta estruturação dos conteúdos e métodos de ensino, a partir do momento que se iniciar a correta solução de um dos maiores entraves no ensino aprendizagem, que é a correlação entre conhecimento e atividade.

Tendo em conta todas as anteriores possibilidades desenvolvidas pela pedagogia Majmutov construiu o procedimento didático central estabelecendo que: a procura de um procedimento desconhecido da atividade e seu aperfeiçoamento, determinada pela formulação do problema psicologicamente difícil, constitui a materialização prática de uma solução do problema, um ato de criatividade. (MENDOZA E DELGADO, 2016).

Tal interpretação da criatividade dá o fundamento para acelerar a atividade cognitiva dos estudantes mediante a formulação de tarefas cognoscitivas e práticas que coloquem o estudante frente às contradições do próprio conhecimento, ou seja, formulação do problema, ele precisa entender que a contradição daquilo que ele achava ser a verdade absoluta, irá desconstruir o que fora por hora construído, abrindo espaço para o novo conhecimento que vem somente com tal contradição. A formação dos conhecimentos científicos, tem lugar somente durante o processo de solução das contradições que surgem no processo do conhecimento científico, unicamente a solução das contradições que aparecem no processo de ensino, durante a aprendizagem, podem constituir o processo adequado de assimilação criadora do estudante de ditos conhecimentos e os atos que com elas se relacionam.

Segundo Mendoza e Delgado (2016), as contradições que se engendram de uma pergunta com caráter problematizador podem denominar-se informativo cognoscitivas, seus elementos são informações verdadeiras que não se destroem mutuamente, mas necessitam de uma coordenação dando a impressão de uma aproximação a contradição lógica. O problema é uma forma subjetiva de expressar a necessidade de desenvolver o conhecimento científico. Este é o reflexo de uma situação problema, ou seja, de uma contradição entre o conhecimento e falta de conhecimento que objetivamente surge do processo social.

A assimilação do conhecimento se dá, portanto, durante o processo de contradição interna que irá surgir como influência da contradição externa, portanto a força motriz nesse processo de aprendizagem problematizador do estudante, é o sistema de contradição interna e externa, isto é, o estudante que até então está confortável com o saber por ele adquirido, esse saber será questionado pelo agente externo, gerando uma contradição, e a partir dessa desestabilização do saber anteriormente inquestionável, sairão novos conhecimentos, e o que irá regir este processo será o problema docente.

Tem-se ainda, como parte do processo, a hipótese que é um método da investigação científica, uma das formas dos conhecimentos da realidade objetiva, ela inclui uma suposição acerca da essência dos fatos ou causa de determinados fenômenos; dessa maneira ela dá uma explicação de ditos fatos ou fenômenos. Os métodos ativos de ensino deve relacionar-se com as hipóteses e com as condições de sua fundamentação e demonstração. Portanto as hipóteses devem incluir-se como uma categoria da didática para realização exitosa do ensino problematizador.

Nosso conhecimento da realidade objetiva dá início com as sensações e as percepções, mas não acaba com elas e daí passa para o pensamento. Partindo das sensações e as percepções, o pensamento supera os limites do sensorial – intuitivo e amplia o campo do

nosso conhecimento. O descobrimento das relações e conexões entre os objetos é uma tarefa essencial do pensamento e através das relações o conhecimento é cada vez mais profundo (RUBINSTEIN, 1967, p. 378 apud MENDOZA E DELGADO, 2016).

Todo esse processo cognitivo visando entender como se obtém o novo conhecimento a partir do que já se tem, continua utilizando como base, a prática que é o critério para a atitude do pensamento; o pensamento teórico segue dependendo da prática.

O homem começa a pensar quando sente a necessidade de compreender algo. O pensar começa normalmente com o problema ou com uma questão, com um assombro ou com uma confusão, com uma contradição. Toda situação problema conduz a que se inicie o processo mental e está orientado a solução de qualquer problema (RUBINSTEIN, 1967, p. 386).

Segundo Mjmutov (1983, p.108), para a solução de problemas relacionados ao conhecimento existente e com a atividade mental produtiva do homem pode ser analítico-lógico e heurístico. O problema analítico - lógico da atividade mental se relaciona ao resolver problema através de algoritmo de solução. As análises e sínteses, a generalização e abstração e concretização são operações mentais que sucedem uma atrás da outra em ordem determinando, como etapas, elevando-se cada vez em busca da solução do problema. O pensamento heurístico está relacionado com o pensamento intuitivo, a busca dos procedimentos de solução é através da formulação de hipóteses, geralmente usando a intuição, como resultado de uma conjectura repentina.

O pensamento criador se relaciona com uma determinada estrutura de busca mental, e com uma série de atos intelectuais consecutivos, encaminhados à formulação e solução do problema que consiste nas seguintes etapas: a) surgimento da situação problema e formulação do problema, b) a utilização dos procedimentos de solução conhecidos ou solução fechada do problema, c) ampliação de busca de novos procedimentos de solução ou solução aberta do problema para a descoberta de nova relação ou princípio da ação e d) a comprovação do grau de correção da solução. (MENDOZA E DELGADO, 2016).

A situação problema se descreve como o ponto de partida do pensamento, não deve entender-se o problema existente já concluso desde o princípio, sem que antes houvesse chegado à reflexão e que o processo mental se inicie depois de haver-se formulado o problema. A situação problema pode surgir com sentimento de assombro, no plano da ação ou solução de uma tarefa cognoscitiva e na realização do próprio trabalho prático (RUBINSTEIN, 1967, p. 391).

Ainda é importante destacar, que não se pode misturar a situação problema e o problema, pois são coisas diferentes. Conforme afirmam Mjmutov e Rubinstein.

A situação problema depende do estado psíquico de alguma experiência e não pode ser expressado externamente, ou seja, tem como fundamento a relação entre os conhecimentos assimilados e os que o sujeito pretende assimilar. O problema é uma expressão linguística, verbal que pode manifestar-se em forma de pergunta ou exercício e é resultado de análise da situação problema sobre a base do ato da objetivação (RUBINSTEIN, 1967; MAJMUTOV, 1983).

A respeito da solução do problema, os livros de psicologia soviética indicaram a existência de cinco estágios: a) o surgimento da situação problema; b) a utilização dos procedimentos de solução que são conhecidos; c) a busca por novos procedimentos de solução; d) realização do princípio encontrado; e) verificar a exatidão da solução.

Ainda existem as opções de resolver o problema de forma fechada e aberta, a forma fechada se dá quando utiliza-se na resolução apenas os conhecimentos que já são conhecidos, já a aberta é quando buscamos elementos novos, desconhecidos para resolver o problema proposto, a sugestão é que num primeiro momento tenta-se utilizar a solução fechada do problema à busca da relação do conhecido e o desconhecido utilizando as experiências anteriores, sendo os procedimentos mais comuns os analíticos ou lógicos como a analogia ou transferência. Se não for possível dar solução ao problema são usados os procedimentos abertos, que consiste em encontrar novas relações entre o conhecido e o desconhecido através da intuição e formulação de hipóteses que finalmente deve ser comprovada.

### **1.3.2 O Problema Docente**

Até aqui é possível aferir que a análise dos aspectos fundamentais em que o homem conhece a realidade, a reflexão e resolução de contradições, fornece a base para concluir que a atividade cognitiva independente do homem, relacionados com a aquisição de novos conhecimentos e dos novos conceitos para ele, só é possível através da resolução de problemas. Percebe-se ainda que ao se efetuar a análise das regularidades fundamentais da psicologia do pensamento, também leva a esta conclusão: a fundação da atividade mental do homem é a situação do problema,

...entende-se que a teoria de ensino tende para o desenvolvimento pode ser só isso, o aparelho inclui uma categoria conceito de lógica, dialética como o problema. Portanto, o conceito do problema interpretado especificamente levando em consideração as regularidades de aprendizagem, deve tornar-se uma das categorias mais importantes de ensino. (MAJMUTOV, 1983, p.125)

Passaremos a estudar a partir deste ponto, o problema docente como ferramenta didática principal para o desenvolvimento da pesquisa, procurando formular problemas que irão trazer as contradições necessárias em cada aluno para que ocorra a aquisição dos novos conhecimentos.

### **1.3.3 O Problema Docente como Categoria Psicológica Didática**

Partindo do pressuposto que o termo “problema” traz consigo uma interrogação a ser descoberta, a ser desvendada e resolvida, todos os problemas por seu conteúdo em si, podem ser divididos em: cotidianos, sócio-político, jurídico, pedagógico e etc.

Segundo Majmutov (1983, p.126), de forma geral, os problemas podem se dividir em três tipos, dependendo do seu conteúdo e de sua proposta, que são eles: a) *Problemas práticos*, em que os procedimentos são desconhecidos para aplicar o conhecimento em uma nova situação. Solução para este conhecimento, exige habilidades e hábitos adquiridos anteriormente, em geral, os esforços práticos; b) *Problemas científicos*, em que uma lei (princípio conceito) da ciência é desconhecida. Solução para estes problemas exigem novos conhecimentos, ainda desconhecidos da ciência; e c) *Problemas de reflexão artística da realidade*, em que as formas e procedimentos de ação emocional-metafóricas são desconhecidos.

Todos os problemas podem se transformar em docentes, mais qual será a natureza do problema que surge durante o processo de ensino? O entra como um fator determinante para incluir esse problema no plano de aula durante o processo de aprendizagem? Para a grande maioria dos professores, problema pode ser definido como um exercício que ele passa no quadro, ou mesmo como uma tarefa para casa, este fato revela que a confusão entre as categorias de lógicas, psicológica e a didática, e portanto todo o conteúdo de ensino aplicado ao discente, é por estes considerado problema.

Essas interpretações equivocadas do que seria de fato um problema, tem dificultado ativar as atividades cognitivas dos alunos utilizando a resolução de problemas. Segundo Majmutov (1983, p.124), existem ainda muitos autores que definem como problema, qualquer desejo, inspiração ou dificuldade do aluno.

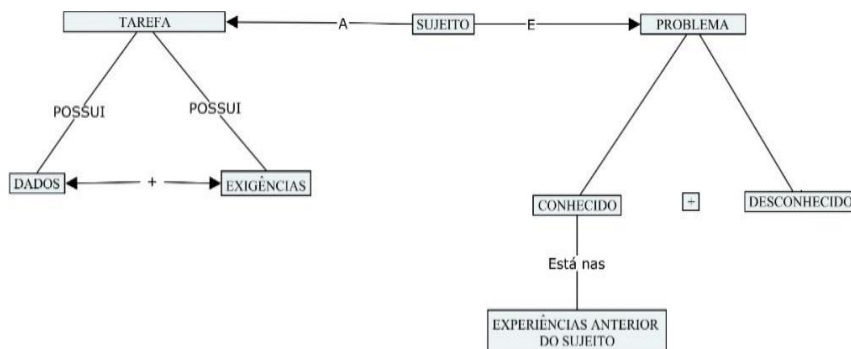
O problema docente não se define como uma pergunta, embora essa seja uma forma de expressão deste, nem se define tampouco como uma tarefa, pois esta em grande maioria das vezes, não exige dos alunos nenhum esforço cognitivo, senão uma resolução mecânica

sem refletir no que tem feito, descaracterizando, portanto, um problema, embora a tarefa possa vir a se tornar um problema, como explica Majmutov,

A tarefa é um fenômeno objetivo, para o estudante deve existir desde o início em forma material (signos), e se transforma em fenômeno subjetivo somente depois que se percebe e se toma consciência dela. Uma diferença substancial entre a tarefa e o problema consiste em que cada uma tem sua estrutura. Enquanto que as condições da tarefa aparecem sem falta de elementos como os dados e exigência (achar o desconhecido), os elementos fundamentais de um problema docente são o conhecido e desconhecido (achar o nexa, as relações entre conhecido e desconhecido). O conhecido no problema, inclui não somente os dados das tarefas, senão também um círculo mais amplo de conhecimentos assimilados anteriormente e a experiência pessoal do estudante, sobre cuja base se pode determinar o caráter do desconhecido. (MAJMUOV, 1983, p.128)

Segundo Majmutov (1983, p. 129) o problema docente é um fenômeno subjetivo e existe na consciência do estudante em forma ideal, no pensamento, da mesma maneira que qualquer julgamento, enquanto não seja perfeito logicamente e se expresse na linguagem ou nas letras do escrito. Esta formulação linguística de um problema é o que se denomina tarefa.

Uma diferença substancial apontada por Majmutov entre a tarefa e o problema, está representada na fig.3, onde mostra que tanto a tarefa como o problema possuem características que o distinguem.



Fonte: Majmutov (1983, p.129)

Figura 3: esquema de tarefa e problema.

A tarefa, como categoria didática, se diferencia do problema como categoria psicológico – didático e lógica, pelo fato que ela (a tarefa) é a expressão externa do problema. O problema docente, como conceito independente, reflete uma esfera específica da realidade, uma etapa plenamente determinada do processo aprendizagem do estudante. Precisamente por esta razão, o problema docente é uma importante categoria psicológica – didática, cujo



utilização na investigação do processo de ensino pode contribuir para a revelação de regularidades novas ou a precisão das que já se conhecem.

A contradição objetiva de uma tarefa, entre os dados e as condições, pode converter-se na força motriz do pensamento somente quando esta se transforma na consciência do estudante, na contradição entre o conhecido e desconhecido, se esta tarefa não apresenta essa característica ao estudante, ela não vai apresentar contradição e, portanto, não se converterá em um problema docente. Por conhecido se tem em consideração os dados da tarefa, os conhecimentos anteriores e a experiência pessoal do estudante; por desconhecido, não só aquilo que não se dá nas condições e nos objetivos, senão na incógnita, e no procedimento para alcançar o objetivo, ou seja, o método de resolver o problema. Isto significa que a tarefa, depois de receber na consciência do estudante um conteúdo novo, se transforma em um fenômeno totalmente novo, o problema docente.

O problema docente é reflexo da contradição lógico psicológico do processo de assimilação, o que determina no sentido de busca mental, desperta o interesse pela investigação (explicação) da essência do desconhecido, e conduz a assimilação de um novo conceito ou de um método novo da ação. Ou seja, o problema docente como categoria psicológico – didática porta em si um conhecimento e procedimento novo para assimilar dito conhecimento (processo e resultado), e determina a estrutura do processo cognoscitivos (mental) (MAJMUTOV, 1983, p. 132 - 135).

Percebe-se então que o problema docente pode ser manifesto tanto em categoria didática como psicológica. Do ponto de vista da categoria didática, podem aparecer como problemas de uma disciplina, em sala de aula, fora da sala, em contexto teórico, prático, para um grupo, por um grupo ou individual, etc. Já do ponto de vista psicológico, só acontece quando a partir da relação do sujeito com o objeto e da contradição entre o conhecido e o desconhecido.

Os problemas docentes ainda podem ser divididos em dois grupos, e o que o distingue esses grupos é o seu nível de dificuldade, eles podem ser algorítmicos ou heurísticos. No problema algorítmico a situação de uma tarefa requer a aplicação de um algoritmo já preparado, indicando exatamente a realização de determinadas operações. Um tipo mais complexo de problema algorítmico é nos casos quando se cambia a situação e condiciona modificar o algoritmo.

Segundo Mjmutov (1983, p.135) apud Mendoza e Delgado (2016), o problema heurístico surge na situação que, pelo conteúdo dos dados e o objetivo, não indica o algoritmo de solução, ou seja, há que achar o procedimento de solução, exigindo a conjectura, intuição e

suposições, cuja demonstração pode realizar-se analiticamente. Geralmente o processo de solução do problema docente é uma combinação do método analítico - lógico e heurístico, no qual um problema docente que começa analítico – lógico pode-se transformar em heurístico.

Quando a solução do problema docente, merecem destaque os análogos e hipotético. Enquanto o análogo utiliza procedimentos conhecidos da solução, podendo ser aplicados a uma situação nova relacionando uma nova combinação entre o conhecido e o desconhecido, o problema hipotético se fundamenta no desenvolvimento de ideias, suposições, intuição, heurística e formulação de hipóteses que leva posteriormente a sua demonstração.

Os problemas docentes ainda podem ser divididos em abertos e fechados, como explicam Mendoza e Delgado (2016),

Na correlação do conhecido e o desconhecido, que externamente se expressa como a contradição entre os dados e os requisitos da tarefa, todos os problemas docentes podem dividir-se em abertos e fechados. Nos problemas fechados a tarefa contém os dados detalhados e fatos determinados e indica o objetivo com clareza. Os problemas abertos surgem de uma situação ou tarefa que contém os dados detalhados, enquanto o objetivo não se estabelece com precisão.

O problema docente tem uma estreita relação com a situação problema, pois é a situação problema que irá provocar a necessidade no estudante, com a necessidade o estudante cria as condições em seu cognitivo para receber o novo conhecimento, pois a necessidade irá possibilitar nele a contradição entre o conhecido e o desconhecido, caracterizando essa situação problema em um problema docente.

Ainda segundo Mjmutov (1983) essas necessidades surgiram a partir da prática pedagógica, quando aparecerem situações onde o discente: a) tropeça com a necessidade de utilizar os conhecimentos assimilados anteriormente em condições de práticas novas, b) encontra uma contradição entre a via teoricamente possível para solucionar a tarefa e a impossibilidade prática do procedimento selecionado, c) encontra uma contradição entre o resultado prático alcançado na realização da tarefa docente e falta de conhecimento para dar sua fundamentação teórica e d) não conhece o procedimento para resolver a tarefa formulada em uma situação docente, quer dizer, quando o estudante toma consciência que os conhecimentos anteriores são insuficientes para explicar o fato novo.

De acordo com Majmutov (1983) apud Mendoza e Delgado (2016) a seleção dos procedimentos para criar situações problemas depende da disciplina, do conteúdo, do material docente, das particularidades individuais, das idades dos estudantes, de seu nível de

preparação para resolver problemas docentes e da habilidade do professor para levar para frente o ensino problematizador.

A regra didática para a formulação do problema docente são: a) separação do conhecido e o desconhecido, b) localização do desconhecido, c) determinação das condições possíveis para a solução independente do problema e d) a existência de indeterminação no problema.

A solução do problema docente pode se dividir ainda em três tipos de soluções: a) não existe nenhuma experiência anterior, o discente avança com ensaios e erros até que uma das provas o conduz a solução; b) o estudante conhece certas fórmulas e esquemas mediante outro tipo de experiências, existindo portanto uma experiência anterior, a solução acontecerá mediante o reconhecimento da situação proposta nos esquemas existentes; e c) o estudante tem experiência, mas sua experiência não lhe permite resolver o problema dado. A solução consiste neste caso, que se cria sobre as bases da análise das condições da tarefa, nasce um esquema de solução que não existia com anterioridade.

Em resumo abordou-se no primeiro capítulo da pesquisa, a fundamentação teórica que foi subdividida em fundamentos filosóficos, psicológicos e de ensino problematizador, onde demonstrou-se em que posicionamento a pesquisa se apoia para dissertar sobre o tipo de problemática proposta nos objetivos.

No próximo capítulo procura-se trazer a ciência envolvida na pesquisa, por se tratar de um mestrado profissional em Ensino de Ciências, nada mais coerente do que dedicar-se um capítulo para discorrer sobre o conteúdo científico que se propôs abordar. Como o autor da pesquisa tem formação em licenciatura plena em Física, foi envolvido um conteúdo que trouxesse aprofundamento científico na área de física. Os conteúdos trabalhados limitaram-se as Atividades Situações Problemas Docentes em Termodinâmica, o potencial didático de softwares Educacionais no Ensino de Física (conteúdo de termodinâmica), A primeira Lei da Termodinâmica, A primeira Lei da Termodinâmica e as Transformações Gasosas.

## CAPÍTULO II – CONTEÚDO DE FÍSICA

### 2.1 ATIVIDADE DE SITUAÇÕES PROBLEMA DOCENTE (ASPD) NO ENSINO DE TERMODINÂMICA

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), estabelecem que a situação problema deve ser considerada como o ponto de partida da atividade Física e não a definição, “muitas vezes, o ensino de Física inclui a resolução de inúmeros problemas, nos quais o desafio central para o aluno consiste em identificar qual fórmula deve ser utilizada. Esse tipo de questão que exige, sobretudo, memorização, perde sentido se desejamos desenvolver outras competências”: “Só há problema se o estudante for levado a interpretar o enunciado da questão que lhe é posta e a estruturar a situação que lhe é apresentada” (BRASIL, 1998).

Se o discente não é desafiado a pensar, interpretar, então ele está diante de uma tarefa, como Majmutov explica no capítulo que trata de resolução de problema docente, e as tarefas apesar de ter seu grau de importância, não trarão aos estudantes, competências que são esperadas ao término do ensino médio.

Não se quer dizer com isso que seja preciso abrir mão das fórmulas. Ao contrário, a formalização matemática continua sendo essencial, desde que desenvolvida como síntese dos conceitos e relações, compreendidos anteriormente de forma fenomenológica e qualitativa. Substituir um problema por uma situação-problema, nesse contexto, ganha também um novo sentido, pois se passa a lidar com algo real ou próximo dele. (BRASIL, 1998).

Diante de tanto conteúdo da matéria de Física, desde o início da história até os dias contemporâneos, a pergunta que deve ser feita não é “o que ensinar de Física”, mais sim “para quê ensinar Física”, ao fazer a segunda pergunta, a Física deixa de constituir um objetivo em si mesma, e passa a ser compreendida como um instrumento para compreensão do mundo. “Os critérios que orientam a ação pedagógica passam a explicitar a preocupação em atribuir ao conhecimento um significado no momento mesmo de seu aprendizado”. (Brasil, 1998). 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.

O conteúdo de Termodinâmica aborda o Tema nº 2 apresentado nos PCNEM: “Calor, ambiente e usos de energia” (BRASIL, 1999, p. 73). Normalmente este conteúdo é

apresentado aos alunos do 2º ano do Ensino Médio sendo que eles já tiveram algum contato com o mesmo na última série do Ensino Fundamental. O próprio documento oficial citado corrobora a importância dada por nós a este tema quando afirma que “em todos os processos que ocorrem na natureza e nas técnicas, o calor está direto ou indiretamente presente” (BRASIL, 1999, p. 73).

Assim, calor, ambiente e usos de energia sinalizam, como tema estruturador, os objetivos pretendidos para o estudo dos fenômenos térmicos. Segundo (Sartorelli et al., 1999, p. 116), o estudo e a compreensão dos processos termodinâmicos são de fundamental importância para o entendimento da Física, dado o princípio da irreversibilidade inculcados nesses processos e nas aplicações tecnológicas deles advindas. Estes mesmos autores afirmam ainda que a Termodinâmica “[...]pela sua complementaridade à mecânica, tem grande relevância na compreensão do mundo tecnológico, em cuja base estão as transformações que envolvem calor” (SARTORELLI et al., 1999, p. 116, apud JÚNIOR e OLIVEIRA, 2009).

Também Silveira e Moreira (1996), lembram que conceitos como “calor, temperatura, energia interna e entropia são conceitos-chave na termodinâmica” e, por integrarem um dos campos conceituais da Física, não devem ser tratados de forma isolada. Objetiva-se que os alunos não só terminem o Ensino Médio capazes de definir o que seja calor, energia, entropia, equilíbrio térmico... como também que sejam capazes de perceber como tais conceitos estão presentes em seu cotidiano. (MATTOS; DRUMMOND, 2004, p. 9, apud JÚNIOR e OLIVEIRA, 2009).

O conteúdo de termodinâmica é necessário durante a formação desses alunos, não apenas pensando em formar físicos, ou engenheiros, mais em formar cidadãos com a capacidade de enfrentamento de problemas dos mais variados, sempre lembrando que é preciso cuidar para que o estudo da ciência não se limite à aplicação de fórmulas e leis (ZANOTELLO; ALMEIDA, 2007, p. 438). Estes autores ainda lembram que o ensino médio talvez seja o momento ideal para se oferecer aos alunos um conhecimento científico culturalmente significativo em função de muitos deles não terem mais contato com as disciplinas científicas na sequência de suas vidas escolares.

O PCN de Física, trata como indispensável a presença da experimentação ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis.

É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e

inquestionável. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. (BRASIL, 1998).

O que obrigatoriamente leva os educadores a reverem as abordagens mais tradicionais, evitando-se “experiências” que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno. É tão possível trabalhar com materiais de baixo custo, tais como pedaços de fio, pequenas lâmpadas e pilhas, quanto com kits mais sofisticados, que incluem multímetros ou osciloscópios. Ou ainda, se tratando de softwares educacionais, evitar simuladores que não permitam a interação dos alunos, o fazer, o deixar fazer e observar o fenômeno físico em questão.

A questão a ser preservada, menos do que os materiais disponíveis, ou softwares, é, novamente, que competências estarão sendo promovidas com as atividades desenvolvidas. Experimentar pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola, desmontar objetos tecnológicos, tais como chuveiros, liquidificadores, construir aparelhos e outros objetos simples, como projetores ou dispositivos óptico-mecânicos. Pode também envolver desafios, estimando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais. (BRASIL, 1998).

O PCN ainda traz as estratégias para o enfrentamento de situações-problema, que são as seguintes: “Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la; e Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. Assim, diante de um fenômeno envolvendo calor, identificar fontes, processos envolvidos e seus efeitos, reconhecendo variações de temperatura como indicadores relevantes”. (BRASIL, 1998).

Neste sentido a utilização da Atividade Situação Problema Docente – ASPD, como metodologia de ensino no conteúdo de Termodinâmica na 2ª série do ensino médio, torna-se um instrumento apropriado para alcançar os objetivos propostos pelos PCN’s, casando com o este documento traz como “estratégia para o enfrentamento de situação problema”, levando ao entendimento que o ensino aprendizagem tem tomado essa direção como uma nova possibilidade de mudança e evolução da educação brasileira.

O plano de ensino foi construído considerando as orientações dos PCN’s e os objetivos do trabalho, sofrerá ajustes a partir da prova diagnóstica. Entre os objetivos específicos do ensino de termodinâmica estão: Identificar fenômenos, fontes e sistemas que envolvem calor para a escolha de materiais apropriados a diferentes situações ou para explicar a participação do calor nos processos naturais ou tecnológicos; Reconhecer as propriedades

térmicas dos materiais e os diferentes processos de troca de calor, identificando a importância da condução, convecção e irradiação em sistemas naturais e tecnológicos; e Utilizar o modelo cinético das moléculas para explicar as propriedades térmicas das substâncias, associando-o ao conceito de temperatura e à sua escala absoluta.

As etapas da resolução de um problema, segundo Polya, são: i) compreender o problema; ii) elaborar um plano de solução; iii) executar o plano; iv) fazer o retrospecto ou verificação. Polya (2006) ao elaborar princípios para a Resolução de Problemas definiu quatro etapas: compreender o problema, elaborar um plano, executar o plano e examinar a solução.

Mendoza e Delgado (2016), a partir de Polya e Majmutov, desenvolveram uma estratégia de resolução de problemas conhecida como Atividade de Situações Problema Docente (ASPD) na qual converteram a Resolução de Problemas em uma atividade de estudo, destacando a importância da mediação do professor no desenvolvimento das ações e operações realizadas pelos estudantes.

A Atividade de Situações Problema Docente (ASPD) está composta por categorias (ações) e subcategorias (operações) que são:

- **A 1ª ação é formular o problema docente.** Ela é formada pelas operações: a) analisar a situação problema para determinar os elementos conhecidos e desconhecidos; estudar os dados e as condições da situação problema, b) determinar o buscado a partir de problema fechado (objetivo definido) ou aberto (objetivo não preciso).
- **A 2ª ação é construir o núcleo conceitual, as operações são:** a) determinar o nível de partida dos estudantes relacionado com os conhecimentos sobre o elemento conhecido e sua atualização se for necessário e b) encontrar nexos entre os conhecidos e desconhecido desde os pontos de vista conceitual e procedimental através de novas tarefas mais simples como realização de experimentos, analogia, intuição e suposição de hipóteses.
- **A 3ª ação solucionar o problema docente formado pelas operações:** a) aplicar o método lógico – analítico ou heurístico ou combinação de ambos para determinar os nexos entre o conhecido e desconhecidos e b) determinar o buscado.
- **A 4ª ação é interpretar a solução, está constituída pelas seguintes operações:** a) verificar se a solução corresponde com o buscado e as condições do problema b) analisar os resultados obtidos para encontrar possíveis novas relações conceitual e/ou procedimental com elementos anteriormente conhecidos. Esta ação é importante para consolidar a aprendizagem consciente pois ela só é possível executá-la utilizando a linguagem conceitual da ciência, além de permitir explorar novos problemas de forma mais eficiente.

A execução de todas as ações está subordinada ao problema, e nem todas as ações estarão presentes em todos os problemas. Desse modo, o sistema de ações possui uma ordem lógica, mas não necessariamente tem que ser linear (MENDOZA, 2009).

## 2.2 O POTENCIAL DIDÁTICO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Optou-se por utilizar os softwares educacionais (que também pode ser uma animação interativa), por acreditar que esse instrumento traz consigo um grande potencial metodológico, que proporcionará maiores possibilidades de visualização e assimilação de fenômenos físicos, que ajudarão na resolução de problemas, possibilidades estas que o método de ensino tradicional, com o uso de quadro branco e pincel apenas, não traz, por ser limitado, conforme afirma Tavares:

Uma animação se caracteriza por mostrar a evolução temporal de um dado evento e se presta de maneira exuberante para a exposição de fenômenos que se apresentam intrincados para aqueles alunos que não têm uma percepção visual aguçada ou uma capacidade de abstração sofisticada. Como acontece no modo tradicional, maiores meios para extrair informações, de aspectos que poderão ser favoráveis ao alcance do objetivo proposto, que é a melhor aprendizagem. (TAVARES, 2004).

Almeida (2000) refere-se ao computador como “uma máquina que possibilita testar ideias ou hipóteses, que levam à criação de um mundo abstrato e simbólico, ao mesmo tempo em que permite introduzir diferentes formas de atuação e interação entre as pessoas”. Essa referência casa com o objetivo da pesquisa, que é levar esses alunos a testar hipóteses, se questionarem o porquê de tal fenômeno físico, e ir em busca de uma resposta para o seu questionamento de forma independente.

Tavares (2004), ainda defende que as tecnologias poderão ir além de uma simples explicação de conteúdo utilizando ao invés do quadro branco e pincel, um computador, elas podem trabalhar na estrutura do pensamento desses alunos,

Acreditamos que a animação interativa possa ser aplicada com um duplo viés. Por um lado ela será o contraste que possibilitará a radiografia da estrutura cognitiva dos estudantes; por outro lado, atuará como uma ponte entre o que eles conhecem e o conteúdo a ser aprendido.

Araujo, Veit e Moreira (2007) dizem que a função das tecnologias de informação e comunicação no processo ensino-aprendizagem em muitas das suas modalidades de uso, se restringe à transmissão de informação e à comunicação. No entanto, há modalidades em que as tecnologias funcionam como ferramentas que auxiliam a pensar, com as quais os estudantes aprendem, em vez de aprender somente as tecnologias em si (JONASSEN, CARR



& YUEH, 2005). Relatam que emprego destas ferramentas pode ampliar a capacidade cognitiva além dos limites viáveis sem o uso de recursos tecnológicos.

Diante da impossibilidade de usufruir de um laboratório de Física, em grande parte das escolas públicas de educação básica, os softwares educacionais poderão tornar o processo de visualização de fenômenos físicos, mais próximos do alunado.

a imagem, o som e o movimento dão maior realismo ao que está sendo ensinado acrescentando informações que possibilitam maior compreensão e verticalização dos conteúdos abordados, provocando, assim, uma modificação no comportamento tanto de alunos como de professores. A escola não deve ser apenas consumidora de tecnologia, mas também produtora dessa tecnologia. “Usamos muitos tipos de tecnologias para aprender e saber mais, e precisamos da educação para aprender e saber mais sobre as tecnologias (KENSKI, 2007, p. 44, apud SOUZA, OLIVEIRA e BENITE, 2007).

Segundo Antônio e Castello (2007), ambientes computacionais podem ser uma alternativa de auxílio ao processo de ensino aprendizagem, pois facilitam a assimilação dos alunos dos conteúdos ministrados e tornam esses processos mais dinâmicos, ágeis e prazerosos. A utilização de ferramentas computacionais no ensino, tem mais eficácia para prender atenção do aluno, aproximando a teoria da prática e contribuindo para o aprendizado (Silva 2003).

A Informática Educativa se caracteriza pelo uso da informática como suporte ao professor, como um instrumento a mais em sua sala de aula, no qual o professor possa utilizar esses recursos colocados a sua disposição. Nesse nível, o computador é explorado pelo professor especialista em sua potencialidade e capacidade, tornando possível simular, praticar ou vivenciar situações, podendo até sugerir conjecturas abstratas, fundamentais a compreensão de um conhecimento ou modelo de conhecimento que se está construindo. (BORGES, 1999, p.136).

É esta perspectiva que nos atrai a utilizar essa ferramenta, explorando, particularmente, o uso de simulações computacionais no processo de ensino-aprendizagem de Física. Para ARAUJO, VEIT e MOREIRA (2007) o uso de simulações, em alguns casos, poderá ajudar na visualização do problema proposto, facilitando sua compreensão. Além disso, elas tornam possível a implementação de tarefas que seriam, em princípio, inviáveis em versões em lápis e papel.

Não há como negar que o processo de ensino-aprendizagem é desafiador e complexo, onde cada grupo poderá manifestar potenciais e dificuldades diferentes de aprendizado, ficando a difícil tarefa de identificar tais características, para os docentes, que são parte indispensável nesse processo. Para Araujo, Veit e Moreira (2007), “as tecnologias de

informação e comunicação devem ser encaradas apenas como recursos auxiliares, não tendo sentido pensá-las como soluções definitivas ou ainda como substitutas da ação docente”.

Segundo Basso (2003), a utilização do computador como ferramenta complementar para o ensino altera o foco do processo educativo: do professor para o aluno, sendo este estimulado à participação ativa, à experimentação, à colaboração e a autoconstrução de seu conhecimento.

Através da estruturação de atividades adequadas, o estudante pode ser levado a refletir sobre o seu conhecimento prévio em relação ao tema abordado, sobre as concepções que dão suporte a esse seu conhecimento prévio e sobre os conceitos científicos em estudo para promover sua evolução conceitual. O que se tem buscado desde os primórdios da educação, a evolução conceitual desses discentes.

### 2.3 O CONTEÚDO DE TERMODINÂMICA

Discutida a importância deste conteúdo no tópico anterior, passa-se a explicar o que traz algumas literaturas sobre o assunto supracitado, visando fortalecer o objetivo da pesquisa, quando se propõe a auxiliar os discentes a resolver problemas de termodinâmica. A termodinâmica é uma área de grande abrangência na disciplina de física, pois traz “leis que regem o modo como o calor se transforma em trabalho, leis que regem o comportamento térmico dos corpos como a dilatação térmica, o decréscimo do volume por compressão, o aumento da temperatura pela absorção de calor, etc.” (OLIVEIRA, p. 2, 2012).

Segundo Halliday (1916, p. 182), um dos conceitos centrais da termodinâmica é *temperatura*. Desde a infância, você vem desenvolvendo um conhecimento prático de energia e temperatura. Por exemplo, você sabe ser precavido com o fogão e comidas quentes e sabe guardar alimentos perecíveis em compartimentos frios os congelados. Você também sabe como controlar a temperatura no interior de uma casa e de um automóvel, assim como se proteger de ventos frios e queimaduras solares.

As leis da termodinâmica, podem ser observadas em ramos diferentes da ciência, por exemplo: “engenheiros mecânicos se preocupam com o aquecimento do motor de um carro; Nutricionistas estão preocupados com o aquecimento adequado de alimentos; Geólogos estão interessados na transferência de energia térmica em um evento do EL Niño; Engenheiros agrônomos estão preocupados com as condições climáticas que determinam se a agricultura de um país prospera ou desaparece; Médicos estão interessados em saber como a temperatura

de um paciente poderia distinguir uma infecção viral benigna do crescimento de um tumor cancerígeno” (HALLIDAY, 1916, p. 182).

Por tamanho e extenso conteúdo, que na pesquisa foi delimitado o estudo da primeira lei da termodinâmica, para os alunos do ensino médio, embora quando se propõe a fazer um estudo mais detalhado do assunto, necessita-se explorar uma gama bem mais extensa de conteúdo, o que não é possível no caso da pesquisa em tela, devido a limitação de tempo.

#### ▪ **Energia Térmica**

A energia térmica é uma energia interna que consiste na energia cinética e na energia potencial associadas aos movimentos aleatórios dos átomos, moléculas e outros corpos microscópicos que existem no interior de um objeto.

Ainda para Sampaio e Calçada (p. 170, 2005), A energia térmica de um corpo é a soma de todas as energias cinéticas (translação, rotação e vibração interna) das moléculas (ou átomos) desse corpo.

#### ▪ **Equilíbrio Térmico**

Chamamos de equilíbrio térmico quando dois corpos que estão com temperatura diferentes, ao serem compartilhadas suas temperaturas, após o término da transferência de calor, atingem a mesma temperatura.

Vale salientar que dois corpos em equilíbrio térmico podem possuir quantidades diferentes de energia térmica. Um corpo com 200 ml de água a 80°C tem muito mais energia térmica do que uma colher de chá de água à mesma temperatura.

Portanto, a energia térmica que um corpo possui está vinculada à quantidade de calor que ele é capaz de ceder ou receber.

#### ▪ **Sistema e Meio ou Vizinhança**

Segundo Cabral e Lago, sistema é a parte que nos interessa, é uma parte fechada e bem definida e o meio é tudo o que está fora do sistema, ou seja, na sua vizinhança. Como por exemplo, iremos estudar a relação entre o aumento de temperatura e o comportamento de um gás, onde o meio é a fonte de calor que provoca o aumento desta temperatura e o sistema é o gás (CABRAL, F.; LAGO, 2002).

Segundo Costa (2016, p.43) alguns sistemas recebem favoritismo em mecânica, a saber, partículas que caem em queda livre, ou pequeno bloco que desliza (com ou sem atrito) por um plano inclinado. Então é observado o seu comportamento quando submetidos ao

agente externo, que caracterizamos com a gravidade, e como ela atua sobre o sistema. Para Savi, Arlindo Antônio (2010, p. 11), a Termodinâmica prioriza também alguns modelos, em que uma certa quantidade de gás, contida em um volume de cilindro, dotado de um pistão móvel. O que é observado e estudado são os efeitos da troca de energia entre o gás e a vizinhança.

### i. A Lei Zero da Termodinâmica

Certas propriedades dos corpos sofrem mudanças consideráveis quando eles são aquecidos em um forno ou resfriados em uma geladeira. Eis alguns exemplos: Com o aquecimento, um líquido aumenta de volume, uma barra de metal fica um pouco mais comprida, a resistência elétrica de um fio aumenta e a pressão de um gás confinado aumenta. Qualquer dessas propriedades pode ser usada como base de um instrumento que pode nos ajudar a compreender o conceito de temperatura. (HALLIDAY, 1916, p. 183)

Um termoscópio nos possibilitará realizar medidas para efetuar as medições de corpos, que possibilitarão experimentalmente efetuar a comprovação **da lei zero da termodinâmica**:

- Se dois corpos *A* e *B* estão individualmente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo *T*, então *A* e *B* estão em equilíbrio térmico entre si.

Para HALLIDAY (p. 184), o que a lei zero nos diz é o seguinte: "Todo corpo possui uma propriedade chamada temperatura. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, suas temperaturas são iguais e vice-versa." Podemos agora transformar nosso termoscópio (o terceiro corpo *T*) em um termômetro, confiantes de que suas leituras têm um significado físico. Tudo que precisamos fazer é calibrá-lo.

Usamos a lei zero constantemente no laboratório. Quando desejamos saber se os líquidos em dois recipientes estão à mesma temperatura, medimos a temperatura de cada um com um termômetro; não precisamos colocar os dois líquidos em contato e observar se estão ou não em equilíbrio térmico.

A lei zero, considerada uma descoberta tardia, foi formulada apenas na década de 1930, muito depois que a primeira e segunda lei da termodinâmica foram descobertas e numeradas. Como o conceito de temperatura é fundamental para essas duas leis, a lei que estabelece a temperatura como um conceito válido deve ter uma numeração menor; por isso o zero.

## ▪ Temperatura e Calor

Se você pega uma lata de suco na geladeira e a deixa na mesa da sala a temperatura da lata aumenta, a princípio rapidamente e depois mais devagar, até que a temperatura do suco seja igual à do ambiente (ou seja, até que os dois estejam em equilíbrio térmico). Da mesma forma, a temperatura de uma xícara de café quente deixada sobre a mesa diminui até se tornar igual à temperatura ambiente.

Contextualizando de uma forma generalizada esta situação, descrevemos o suco ou o café como um sistema (à temperatura  $T_s$ ) e as partes relevantes da cozinha como o ambiente (à temperatura  $T_A$ ) desse sistema. Nossa observação é que se  $T_s$  não é igual a  $T_A$ ,  $T_s$  varia ( $T_A$  também pode variar um pouco) até que as duas temperaturas se igualem e o equilíbrio térmico seja estabelecido.

Essa variação de temperatura se deve a uma mudança da energia térmica do sistema por causa da troca de energia entre o sistema e o ambiente. A energia transferida é chamada de calor e é simbolizada pela letra  $Q$ . O calor é positivo se a energia é transferida do ambiente para a energia térmica do sistema (dizemos que o calor é absorvido pelo sistema). O calor é negativo quando a energia é transferida da energia térmica do sistema para o ambiente (dizemos que o calor é cedido ou perdido pelo sistema). (HALLIDAY, 1916, p. 190).

Chegamos, portanto, à seguinte definição de calor segundo Halliday (1916):

- Calor é a energia transferida de um sistema para o ambiente ou vice-versa devido a uma diferença de temperatura.

Lembre-se de que a energia também pode ser transferida de um sistema para o ambiente ou vice-versa através do trabalho  $W$  realizado por uma força. Ao contrário da temperatura, pressão e volume, o calor e o trabalho não são propriedades intrínsecas de um sistema; têm significado apenas quando descrevem a transferência de energia para dentro ou para fora do sistema. Para fazer uma analogia, a expressão "uma transferência de R\$ 600,00" pode ser usada para descrever a transferência de dinheiro de uma conta bancária para outra, mas não para informar o saldo de uma conta, já que o que se guarda em uma conta é dinheiro, e não uma transferência. No caso do calor, é apropriado dizer: "Durante os últimos três minutos 15 J de calor foram transferidos do sistema para o ambiente", ou "Durante o último minuto um trabalho de 12 J foi realizado pelo ambiente sobre o sistema". Não faz sentido dizer: "Este sistema possui 450 J de calor", ou "Este sistema contém 385 J de trabalho". (HALLIDAY, 1916, p. 190).

Antes que os cientistas percebessem que o calor é energia transferida, o calor era medido em termos da capacidade de aumentar a temperatura da água. Assim, a caloria (cal) foi definida como a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1 g de água de 14,5°C para 15,5°C. No sistema inglês, a unidade de calor era a British thermal unit (Btu), definida como a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1 Libra de água de 63°F para 64°F.

Em 1948, a comunidade científica decidiu que uma vez que o calor (como o trabalho) é energia transferida, a unidade de calor no SI deveria ser a mesma da energia, ou seja, o joule. A caloria é hoje definida como 4,1868 J (exatamente), sem qualquer referência ao aquecimento da água. [A "caloria" usada pelos nutricionistas, às vezes chamada de Caloria (Cal), é equivalente a uma quilocaloria (1 kcal).] As relações entre as várias unidades de calor são as seguintes:

$$1 \text{ cal} = 3,968 \times 10^{-3} \text{ Btu} = 4,1868 \text{ J.}$$

- **Calor e Trabalho**

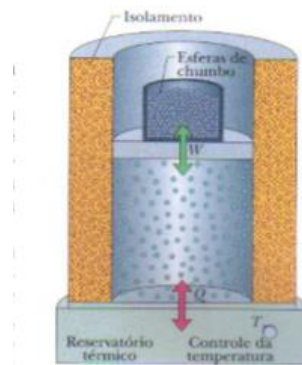


Figura 4: exemplificação de calor e trabalho.

Vamos agora examinar de perto o modo como a energia pode ser transferida em forma de calor e trabalho de um sistema para o ambiente e vice-versa. Vamos tomar como nosso sistema um gás confinado em um cilindro com um embolo, como na Fig. 4. A força para cima sobre o embolo devido à pressão do gás confinado é igual ao peso das esferas de chumbo colocadas acima do embolo. As paredes do cilindro são feitas de material isolante, que não permite a transferência de energia na forma de calor. A base do cilindro repousa em um reservatório térmico (uma placa quente, por exemplo), cuja temperatura  $T$  pode ser controlada. (HALLIDAY, 1916, p. 195).

O sistema (gás) parte de um *estado inicial*  $i$ , descrito por uma pressão  $p_i$ , um volume  $V_i$ , e uma temperatura  $T_i$ . Deseja-se levar o sistema a um estado final  $f$ , descrito por uma pressão  $p_f$ , um volume  $V_f$  e uma temperatura  $T_f$ ). O processo de levar o sistema do estado inicial ao estado final é chamado de *processo termodinâmico*. Durante esse processo energia pode ser transferida do reservatório térmico para o sistema (calor positivo) ou vice-versa (calor negativo). Além disso, o sistema pode realizar trabalho sobre as esferas de chumbo, levantando o embolo (trabalho positivo), ou receber trabalho das esferas de chumbo (trabalho negativo). Vamos supor que todas essas mudanças ocorrem lentamente, de modo que o sistema está sempre (aproximadamente) em equilíbrio térmico (ou seja, cada parte do sistema está em equilíbrio térmico com todas as outras partes).

Suponha que algumas esferas de chumbo são removidas do embolo da Fig. 3, permitindo que o gás empurre o embolo e as esferas restantes para cima com uma força  $\vec{F}$ , que produz um deslocamento infinitesimal  $d\vec{s}$ . Como o deslocamento é pequeno, podemos supor que  $\vec{F}$  é constante durante o deslocamento. Nesse caso, o módulo de  $\vec{F}$  é igual a  $pA$ , onde  $p$  é a pressão do gás e  $A$  é a área do embolo. O trabalho infinitesimal  $dW$  realizado pelo gás durante o deslocamento é dado por

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = (pA)(ds) = p(A ds) = p dV,$$

onde  $dV$  é a variação infinitesimal no volume do gás devido ao movimento do embolo, Quando o número de esferas removidas é suficiente para que o volume varie de  $V_i$  para  $V_f$ , o trabalho realizado pelo gás é

$$W = \int dW = \int_{V_i}^{V_f} p dV \quad (02)$$

Durante a variação de volume, a pressão e a temperatura do gás também podem variar. Para calcular diretamente a integral da Eq. (02), precisaríamos saber como a pressão varia com o volume no processo através do qual o sistema passa do estado  $i$  para o estado  $f$ .

## ii. A Primeira Lei da Termodinâmica

Com mencionado anteriormente, quando um sistema muda de um estado inicial para um estado final tanto o trabalho  $W$  realizado como o calor  $Q$  transferido dependem da natureza do processo. Os experimentos, porém, revelaram algo surpreendente. A *grandeza*  $Q$

—  $W$  é a mesma para todos os processos. Ela depende apenas dos estados inicial e final, e não depende de maneira alguma da forma como o sistema passou de um para o outro, Todas as outras combinações das grandezas  $Q$  e  $W$ , como  $Q$  apenas,  $W$  apenas,  $Q + W$  e  $Q - 2W$ , são dependentes da trajetória; apenas  $Q - W$  é independente.

Esta propriedade sugere que a grandeza  $Q - W$  representa a variação de uma propriedade intrínseca do sistema. Chamamos esta propriedade de *energia interna* ( **$E_{int}$** ), e escrevemos:

$$\Delta E_{int} = \Delta E_{int,f} - \Delta E_{int,i} = Q - W$$

A equação acima é a primeira lei da termodinâmica. Se o sistema termodinâmico sofre apenas variação infinitesimal, podemos escrever a primeira lei como:

$$dE_{int} = dQ - dW$$

- A energia interna  $E_{int}$  de um sistema tende a crescer se energia é adicionada sob a forma de calor  $Q$  e tende a diminuir se a energia for perdida sob forma de trabalho  $W$  realizado pelo sistema.

Em sistemas nos quais nenhuma energia entra ou sai do sistema, a energia pode entrar ou sair do sistema na forma de trabalho  $W$  ou calor  $Q$ . No enunciado da primeira lei da termodinâmica que foi apresentado estamos supondo que o sistema como um todo não sofreu variações de energia cinética e energia potencial, ou seja, que  $\Delta K = \Delta U = 0$ .

Antes o termo *trabalho* e o símbolo  $W$  sempre significaram o trabalho realizado *sobre* um sistema. Entretanto, a partir da Eq.  $dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = (pA)(ds) = p(A ds) = p dV$  e nos próximos assuntos sobre termodinâmica vamos nos concentrar no trabalho realizado *por* um sistema, tal como o gás da Fig. 3.

Como o trabalho realizado *sobre* um sistema é sempre o negativo do trabalho realizado *pelo* sistema, se reescrevemos a Eq. “ $\Delta E_{int} = \Delta E_{int,f} - \Delta E_{int,i} = Q - W$ ” em termos do trabalho  $W_s$  realizado *sobre* o sistema, teremos “ $\Delta E_{in} = Q + W_s$ ”. Isso nos diz o seguinte: A energia interna de um sistema tende a crescer se forneceremos calor ao sistema ou realizarmos trabalho sobre o sistema. Por outro lado, a energia interna tende a diminuir se removermos calor do sistema ou o sistema realizar trabalho.

- **Alguns Casos Especiais da Primeira Lei da Termodinâmica**



Vamos agora examinar quatro processos termodinâmicos diferentes para verificar o que acontece quando aplicamos a esses processos a primeira lei da termodinâmica.

**Processos adiabáticos.** Processo adiabático é aquele que acontece tão depressa ou em um sistema tão bem isolado *que não há trocas de calor* entre o sistema e o ambiente. Fazendo  $Q = 0$  na primeira lei, obtemos:

$$\Delta E_{\text{int}} = -W$$

se o sistema realiza trabalho sobre o ambiente (ou seja, se  $W$  é positivo), a energia interna do sistema diminui de um valor igual ao do trabalho realizado. Se, por outro lado, o ambiente realiza trabalho sobre o sistema (ou seja, se  $W$  é negativo), a energia interna do sistema aumenta de um valor igual ao trabalho realizado.

**Processos a volume constante.** Se o volume de um sistema (como um gás) é mantido constante, o sistema não pode realizar trabalho. Fazendo  $W = 0$  na primeira lei, obtemos:

$$\Delta E_{\text{int}} = Q$$

Assim, se o sistema recebe calor (ou seja, se  $Q$  é positivo) a energia interna do sistema aumenta. Se, por outro lado, o sistema cede calor (ou seja, se  $Q$  é negativo) a energia interna do sistema diminui.

**Processos cíclicos.** Existem processos nos quais, após certas trocas de calor e de trabalho, o sistema volta ao estado inicial. Nesse caso, nenhuma propriedade intrínseca do sistema (incluindo a energia interna) pode variar. Fazendo  $\Delta E_{\text{int}} = 0$ , obtemos:

$$Q = W$$

Assim, o trabalho líquido realizado durante o processo deve ser exatamente igual à quantidade de energia transferida em forma de calor; a energia interna do sistema deve permanecer a mesma. Os processos cíclicos descrevem uma trajetória fechada no diagrama p-V.

**Expansões livres.** São processos adiabáticos nos quais nenhum trabalho é realizado. Assim,  $Q = W = 0$  e, de acordo com a primeira lei, temos:

$$\Delta E_{\text{int}} = 0$$

Uma expansão livre é diferente dos outros processos porque não pode ser realizada lentamente, de forma controlada. Em consequência, durante a expansão abrupta o gás não está

em equilíbrio térmico e sua pressão não é uniforme. Assim, embora os estados inicial e final possam ser mostrados em um diagrama  $p$ - $V$ , não podemos desenhar a trajetória da expansão.

### iii. A Primeira Lei da Termodinâmica e as Transformações Gasosas

Antes de adentrar de fato nos conceitos da primeira lei e as transformações gasosas, faz-se necessário trazer alguns conceitos sobre o estudo dos gases, pois este é um dos tópicos principais da termodinâmica.

Halliday (1916) enfatiza a importância de entender as propriedades macroscópicas de um gás (como, por exemplo, sua pressão e temperatura) em termos das moléculas que o constituem, para avançarmos na discussão do conteúdo. Surge, porém, um problema. De que gás estamos falando? Seria ele hidrogênio, oxigênio, metano ou, talvez, hexafluoreto de urânio? Eles são todos diferentes. As medidas mostram, porém, que se colocarmos 1 mol de vários gases em recipientes de mesmo volume e mantivermos os gases à mesma temperatura, as pressões medidas serão quase iguais. Se repetirmos as medidas com concentrações dos gases cada vez menores, essas pequenas diferenças das pressões medidas tendem a desaparecer. Medidas mais precisas mostram que, em baixas concentrações, todos os gases reais obedecem à relação

$$pV = nRT \quad (\text{lei dos gases ideais}).$$

onde  $p$  é a pressão absoluta (e não a manométrica),  $n$  o número de mols do gás e  $T$  a temperatura em kelvins. O fator  $R$  é chamado de **constante dos gases ideais**, e possui o mesmo valor para todos os gases:

$$R = 8,31 \text{ J/mol.K}$$

### iv. Comportamento dos Gases

Uma determinada substância no estado gasoso é um gás se a sua temperatura for superior à temperatura crítica, se a temperatura for igual ou inferior à temperatura crítica a substância é vapor.

Os gases reais que normalmente conhecemos como, por exemplo, o hélio, o nitrogênio e o oxigênio, apresentam características moleculares diferentes e particulares de cada um.

Contudo, se colocarmos todos eles a altas temperaturas e baixas pressões eles passam a apresentar comportamentos muito semelhantes.

No estudo dos gases adota-se um modelo teórico, simples e que na prática não existe, com comportamento aproximado ao dos gases reais. Essa aproximação é cada vez melhor quanto menor for a pressão e maior a temperatura. Esse modelo de gás é denominado de **gás perfeito ou Gás Ideal**.

Os gases possuem uma propriedade intrínseca, pois podem ser facilmente compressíveis e esse fato sugere que suas partículas se encontram distantes umas das outras, sendo que os sólidos e líquidos estão mais fortemente próximas. Para dar início a um modelo de um gás ideal, é necessário estabelecer algumas hipóteses que permitam esboçar a linha de desenvolvimento e, se possível, antecipar as limitações impostas ao modelo, baseadas em observações experimentais. O conjunto de quatro hipóteses define um modelo particular de um gás. Nosso propósito de deduzir a equação de estado supõe implicitamente que o gás está em equilíbrio térmico com as paredes do recipiente, dessa forma (Savi, Arlindo Antônio, 2010, p.37):

- i. O gás consiste de um grande número de partículas (átomos para um gás monoatômico) que obedecem às leis de Newton;
- ii. O movimento das partículas é caótico.
- iii. O volume ocupado pelos próprios átomos é desprezível comparado com o volume do recipiente e também essas partículas são consideradas como pontos materiais no sentido da Mecânica Newtoniana.
- iv. As colisões entre as partículas e as paredes são perfeitamente elásticas e o único tipo de energia a ser considerada é a cinética translacional.

Por volta do século XVII e XIX, três cientistas (Jacques Charles, Louis J. Gay-Lussac e Paul E. Clayperon), após estudarem o comportamento dos gases, elaboraram leis que regem o comportamento dos gases perfeitos, também chamados de gases ideais. As leis por eles determinadas estabelecem as regras do comportamento “externo” do gás perfeito, levando em conta apenas as grandezas físicas que estão associadas a eles, grandezas essas que são: volume, temperatura e pressão.

- **Lei geral dos gases perfeitos**

A expressão que determina a lei geral para os gases perfeitos pode ser vista da seguinte forma:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T}$$

Onde  $p_0$ ,  $V_0$  e  $T_0$  são respectivamente a pressão inicial, volume inicial e temperatura inicial. Essa é uma expressão que é utilizada para quando as variáveis de um gás apresentar variações.

- **Lei de Boyle**

Robert Boyle, físico e químico, foi quem determinou a lei que rege as transformações sofridas por um gás, quando sua temperatura é mantida constante. Sua lei diz que quando um gás sofre uma transformação isotérmica, a pressão dele é inversamente proporcional ao volume ocupado. Dessa lei obtemos que como  $T_0 = T$  temos que:

$$p_0 V_0 = pV$$

- **Lei de Charles**

A lei de Charles é a lei que rege as transformações de um gás perfeito a volume constante. Essas transformações são chamadas de transformações isocóricas ou isométricas. Segundo essa lei, quando uma massa de gás perfeito sofre transformação isocórica, a sua pressão é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta. Matematicamente essa lei pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p}{T}$$

Onde  $p_0$  e  $T_0$  são respectivamente a pressão inicial e a temperatura inicial.

- **Lei de Gay-Lussac**

A lei de Gay-Lussac é a lei que rege as transformações de um gás perfeito à pressão constante. Essa lei, apesar de levar o nome de Gay-Lussac, já havia sido descoberta pelo físico e químico A.C. Charles. Segundo a lei, quando um gás sofre uma transformação isobárica o volume do gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta. Matematicamente essa lei pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}$$

Onde  $V_0$  e  $T_0$  correspondem respectivamente ao volume inicial e à temperatura inicial.

#### ▪ **Processo Termodinâmico**

Já vimos acima, que as variáveis de estado do gás perfeito é o que o caracterizam, isto é, pressão, volume e temperatura, e a transformação ocorre com a alteração de uma delas. Tais grandezas, mais as quantidades de partículas, em número de mol, relacionam-se pela equação de estado dos gases perfeitos  $p.V = n.R.T$ , de modo que basta conhecer três delas para determinar univocamente as características do sistema gasoso.

Na termodinâmica, essas grandezas permitem calcular a energia trocada nas transformações. Quando uma dessas grandezas termodinâmicas sofre alguma alteração, dizemos que ocorreu um processo termodinâmico.

#### ▪ **Trabalho Realizado por um Gás Ideal a Temperatura Constante**

Suponha que permitimos que o gás (do cilindro da fig. 04) se expanda de um volume inicial  $V_i$  para um volume final  $V_f$ , mantendo constante a temperatura  $T$  do gás. Um processo desse tipo, a temperatura constante, é chamado de expansão isotérmica (e o processo inverso é chamado de compressão isotérmica).

Em um diagrama  $p$ - $V$ , uma isoterma é uma curva que liga pontos de mesma temperatura. Assim, ela é o gráfico da pressão em função do volume para um gás cuja temperatura  $T$  é mantida constante. Para  $n$  moles de um gás ideal, ela é o gráfico da equação

$$p = nRT \frac{1}{V} = (\text{constante}) \frac{1}{V}.$$

Para determinar o trabalho realizado por um gás ideal durante uma expansão isotérmica, após uma manipulação das equações que envolvem trabalho, utilizamos a equação abaixo:

$$W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$$

No caso de uma expansão,  $V_f$  é maior do que  $V_i$  de modo que a razão  $V_f/V_i$  na Eq. acima é maior que 1. O logaritmo natural de um número maior do que 1 é positivo e, portanto, como era de se esperar, o trabalho  $W$  realizado por um gás ideal durante uma expansão isotérmica é positivo. No caso de uma compressão,  $V_f$  é menor que  $V_i$ , de modo que a razão entre os volumes na é menor que 1. Assim, como era de se esperar, o logaritmo natural nesta equação (e, portanto, o trabalho  $W$ ) é negativo. (HALLIDAY, David, 1916, p. 217).

#### ▪ Trabalho Realizado a Volume Constante ou Pressão Constante

A equação utilizada no exemplo anterior, não permite calcular o trabalho  $W$  realizado por um gás ideal em *qualquer* processo termodinâmico; ela só pode ser usada quando a temperatura é mantida constante. (HALLIDAY, 1916, p. 219)

Entretanto, podemos sempre voltar à Eq.  $W = \int_{V_i}^{V_f} p dV.$  para determinar o trabalho  $W$  realizado por um gás ideal (ou qualquer outro gás) durante qualquer processo, como os processos a volume constante e a pressão constante. Se o volume do gás é constante, a Eq.

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p dV. \quad \text{nos dará}$$

$$W=0 \text{ (processo isocórico).}$$

Se, em vez disso, o volume varia enquanto a pressão  $p$  do gás é mantida constante, a

$$\text{Eq. } W = \int_{V_i}^{V_f} p dV. \quad \text{ficará}$$

$$W=p(V_f - V_i) = p\Delta V \text{ (processo isobárico).}$$

#### ▪ Energia Interna de um Gás

Segundo Halliday (1916, p. 228) a energia interna  $E_{int}$  de um gás ideal é função apenas da temperatura do gás: não depende de outras variáveis. Uma variação da energia interna  $E_{int}$  de um gás ideal confinado depende apenas da variação de temperatura do gás; ela *não depende* do tipo de processo responsável pela variação de temperatura. Portanto temos a equação abaixo que representa a energia interna de um gás.

$$E_{int} = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} pV$$

Em resumo o capítulo dois, trouxe o conteúdo científico abordado na pesquisa, o que a literatura traz sobre o assunto, o que as leis que regem o ensino médio estão falando sobre o assunto, a proposta de se trabalhar com as atividades situações problemas docentes nos conteúdos da termodinâmica, além da definição da literatura sobre o assunto em questão.

O próximo capítulo se trata da metodologia que foi utilizada na pesquisa, qual o contexto, como ela se caracteriza, qual o enfoque, o seu modelo, a sequência que a pesquisa seguiu e quais os instrumentos utilizados. Traz ainda, o resultado alcançado ao final da pesquisa, em que medida ela contribuiu com os estudantes no que se diz respeito a resolução de problemas de termodinâmica? Foi avaliado o resultado em cada fase apontada pela Teoria de Galperin, retomando ao que se propôs inicialmente no objetivo.

## CAPÍTULO III - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS

Neste capítulo, abordam-se os aspectos metodológicos da pesquisa, menciona-se o contexto e as características principais para facilitar a compreensão dos eventos. O primeiro tópico refere-se ao contexto da realização da pesquisa escolhido, onde e como foi realizada, como também apresenta um breve histórico da instituição escolhida. Seguindo os procedimentos metodológicos, o segundo tópico deste capítulo aborda a caracterização geral da pesquisa no âmbito da utilização do método da Estratégia de Situação Problema Docente (ESPD), por meio de categorias e parâmetros criados para aplicar ao conteúdo de termodinâmica, e como base fundamentadora se apoia na teoria de Galperin, na direção de estudo de Talízina e a resolução de problema segundo Majmutov que foi aplicada em uma sala de aula no horário oposto, para um grupo de 09 (nove) alunos da segunda série do ensino médio integrado ao técnico, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, na disciplina de Física, com duração de 20 horas. Nos demais tópicos foram descritos os procedimentos de análises do objeto e coleta de dados.

### 3.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR, que é originário da extinta Escola Técnica implantada, informalmente, em outubro de 1986, iniciando suas atividades em 1987 com os Cursos Técnicos em Eletrotécnica e Edificações. Por meio do Decreto nº 026 (E), de 12 de outubro de 1988, o Governo do então Território Federal de Roraima criou a Escola Técnica de Roraima. O Parecer nº 26/89 do Conselho Territorial de Educação autorizou e reconheceu a Escola, aprovou o seu Regimento Interno e as grades curriculares dos cursos por ela ministrados e tornou válido todos os atos escolares anteriores ao Regimento.

Por força da Lei Federal nº 8.670, de 30 de junho de 1993, foi criada a Escola Técnica Federal de Roraima, iniciando, em 1994, suas atividades nas instalações físicas da Escola Técnica Estadual, com 74% de seus servidores redistribuídos do quadro de pessoal do ex-Território Federal de Roraima, incorporando ao seu patrimônio rede física, materiais e equipamentos e absorvendo todos os alunos matriculados naquela escola nos cursos de Edificações e Eletrotécnica.



A partir dessa data, a Escola iniciou um Programa de Expansão de cursos e do número de vagas, implantando novos cursos – ensino fundamental – 5ª a 8ª série, Técnico em Agrimensura e Magistério em Educação Física – totalizando, naquele ano, 17 turmas e 406 alunos. Em dezembro de 1994, a Escola Técnica Federal de Roraima foi transformada em Centro Federal de Educação Tecnológica, por meio da Lei nº 8.948 de 8 de dezembro, publicada no DOU nº 233, de 9 de dezembro, Seção I. Entretanto, sua efetiva implantação como CEFET-RR só ocorreu por meio do Decreto Federal de 13 de novembro de 2002, publicado no DOU nº 221, Seção I, tendo a referida solenidade ocorrida dia 10 de dezembro de 2002.

Com a transformação dessa Instituição em CEFET-RR a comunidade interna preparou-se para fazer valer o princípio da verticalização da Educação Profissional, oferecendo cursos profissionalizantes de nível básico, técnico e superior. O Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Turismo foi o primeiro a ser implantado e teve sua proposta vinculada à transformação da ETFRR em CEFET-RR. Em 2005, o Governo Federal, através do Ministério da Educação, instituiu o Plano de Expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica no país, promovendo a implantação de Unidades Descentralizadas – UNED's em diversas unidades da federação, sendo o CEFET-RR contemplado na fase I, com a UNED Novo Paraíso, no município de Caracaraí, região sul do Estado.

Em 29 de dezembro de 2008, a Lei nº 11.892, instituiu a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e muda a denominação das unidades passando de UNED para Câmpus. O IFRR foi criado por essa lei mediante a transformação do CEFETR em Instituto Federal. Em 2010 foi lançada a fase III do plano de expansão da Rede Federal e o IFRR contemplado com mais uma unidade o Câmpus Zona Oeste, cujo processo de construção e implantação está finalizando os últimos detalhes para sua inauguração na zona oeste de Boa Vista.

No Campus Boa Vista Centro, onde foi desenvolvida a pesquisa, são ofertados 11 cursos de graduação, sendo 04 Cursos Superiores de Tecnologia e 07 Cursos de Licenciatura, dos quais 02 são ofertados pelo Programa PARFOR, via Plataforma Freire da CAPES e 01 ofertado via Educação a Distância - EAD; 03 Cursos de Pós-Graduação Lato Sensu, sendo 01 ofertado via EAD; Cursos Técnicos de Nível Médio presenciais, dos quais 04 são ofertados pelo Programa Pró Funcionário, via Rede e-TEC.

### 3.2 SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa foram 09 (nove) estudantes da 2ª série do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima/Campus Boa Vista Centro - IFRR/CBVC, caracterizados como grupo único. A escolha do referido conteúdo se deu ao fato de estar previsto na grade curricular dos alunos no segundo módulo, e por ser um conteúdo bastante presente no cotidiano desses alunos, possibilitando maior interação da teoria com a prática vivenciada no dia a dia de cada um, o qual possibilitará o desenvolvimento da investigação.

A participação dos estudantes consistiu em assistir as aulas que foram lecionadas em sala de aula, e laboratório de informática, cabendo a eles o envolvimento ativamente no processo de ensino aprendizagem, o que incluiu prova de lápis e papel do assunto a ser estudado e entrevista “perguntas sobre o conteúdo de termodinâmica” via gravador de vídeo e/ou voz, durante as aulas e atividades referentes à pesquisa, para melhor tratamento e controle dos dados no momento da escrita dos resultados. O tempo de duração da pesquisa foi de 20h aulas (vinte horas aula). Os dados coletados (resposta das perguntas, vídeos, entrevistas) foram transcritos e armazenados, em arquivos digitais, onde o acesso está restrito ao pesquisador e seu orientador.

A participação dos discentes na pesquisa apresentou os seguintes riscos: de constrangimento durante uma entrevista ou uma pergunta e risco do vazamento de dados. Foram tomadas as devidas providências para diminuir tais riscos: procurou-se fazer perguntas que onde a resposta dos estudantes não era única, sem considerar certo ou errado, e quando um estudante demorava a responder, era dada a resposta pelo próprio pesquisador; quanto ao possível vazamento dos dados, foi priorizada a utilização de siglas, para preservar a identidade dos participantes, além de garantir o acesso a tais dados, apenas pelo pesquisador e seu orientador.

Os registros feitos durante a pesquisa não serão divulgados, porém o relatório final, a Dissertação e o produto educacional, contendo citações anônimas, estão disponíveis quando, inclusive para apresentação em encontros científicos e publicação em revistas especializadas.

Foram tomadas as seguintes medidas e/ou procedimentos para assegurar a confidencialidade e a privacidade das informações prestadas pelos participantes: apenas os pesquisadores do projeto, que se comprometeram com o dever de sigilo e confidencialidade terão acesso aos dados e não farão uso destas informações para outras finalidades; e caso o trabalho venha a ser publicado em alguma revista ou evento, após o término da pesquisa, será omitido qualquer dado que possa identifica-lo. Informamos ainda, que a qualquer momento, o

estudante ou seu responsável poderá solicitar do pesquisador informações sobre a sua participação e/ou sobre a pesquisa a qualquer tempo, o que poderá ser feito através dos meios de contato explicitados no Termo Livre de Assentimento.

Não haverá benefícios diretos ou imediatos para o participante deste estudo, porém o benefício indireto estar relacionado com a contribuição na construção de um produto educacional (resultado da pesquisa), que poderá influenciar a prática docente dos professores da disciplina de física no IFRR, além disso, os estudantes foram beneficiados com maior carga horária do conteúdo de termodinâmica do que os seus colegas não participantes da pesquisa, o que certamente garantiu maior aprendizado do conteúdo.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O foco central da pesquisa consistirá em verificar se os alunos chegaram a obter às condições psicológicas necessárias para estruturar e realizar suas ações, sem o auxílio do docente. Se já será capaz de implementar e resolver problemas da primeira lei da termodinâmica por conta própria, o que é característico da dialética, é um olhar que busca captar o objeto na sua totalidade, desde uma perspectiva histórica de mudanças e contradições.

A escolha pela escola deu-se pelo vínculo empregatício do pesquisador com a mesma, sua localização urbana, série, turno, professores licenciados na área de física e condições dos espaços necessários, para realização tanto da aula teórica, como da prática utilizando os softwares.

#### 3.3.1 Critérios de Inclusão e Exclusão dos Participantes

Os critérios de inclusão: estudantes regularmente matriculados na rede federal de ensino médio integrado ao técnico de diferentes áreas, cursando a segunda série do ensino médio, turno integral, em diferentes faixas etárias, que tenham disponibilidade para participar de atividades semanal em horário oposto as suas aulas.

Os Critérios de exclusão: estudantes que não sejam do ensino médio integrado ao técnico; estudantes que estejam matriculados em outras séries do ensino médio; estudantes que não tenham disponibilidade para participarem das atividades em horário oposto ao da aula.

### 3.4 ENFOQUE DA PESQUISA

A pesquisa é do tipo: descritiva, mista, sendo os dados analisados de forma qualitativa e quantitativa com enfoque qualitativo, pois ela compreenderá a exploração de fenômenos em profundidade, será conduzida no ambiente natural, seus significados serão extraídos dos dados e ela não se fundamentará na estatística. Segundo Sampieri (2006), a pesquisa qualitativa utiliza a correlação de dados sem medição numérica para responder perguntas de investigação a partir de um processo de investigação.

Aponta ainda a caracterização de nossa pesquisa como qualitativa, o fato da ação indagativa se mover de maneira dinâmica entre os fatos e suas interpretações, perfazendo um processo circular, variando de acordo com o estudo específico. Segundo Sampieri (2013), nos estudos qualitativos é possível desenvolver perguntas antes, durante e depois da coleta de dados. Nossa pesquisa partirá dessa premissa, a próxima pergunta, a próxima ação a ser realizada, vai depender do que temos em mãos ao término de cada etapa da Teoria de Galperin.

Serão observados os indícios de ocorrência da capacidade de resolução de problemas, através da investigação por meio da utilização das categorias e parâmetros das 4 (quatro) Atividades de Situações Problemas Docente na tabela 06.

Serão realizadas análises do desempenho individual dos alunos, nos problemas propostos nas atividades, buscando explicação fundamentada na teoria de formação por etapas das ações mentais de Galperin no processo de assimilação dos conceitos da primeira lei da termodinâmica.

### 3.5 MODELO DA PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se como pesquisa-ação, pois tem em vista a transformação da prática docente, não haveria sentido apenas identificar fatores que possibilitam possíveis melhores na educação, sem que aconteça o esforço para a mudança em busca dessa melhoria. Na pesquisa-ação, os professores são incentivados a questionar suas próprias ideias e teorias educativas, suas próprias práticas e seus próprios contextos como objetos de análise e crítica (Assunção, apud Moreira 1988, p. 174). Sendo assim, os docentes, através da reflexão crítica, que é um dos principais focos da pesquisa qualitativa, podem concluir que práticas

ultrapassadas, que vieram de longa geração se prolongando, se tornam ultrapassadas e sem utilidade em nossos dias.

Sandín (200, p.161) diz que a pesquisa-ação pretende, essencialmente, “promover a mudança social, transformar a realidade e que as pessoas tenham consciência de seu papel nesse processo de transformação”.

O intuito principal da pesquisa é verificar como o produto educacional a ser construído, pode vir a contribuir com a mudança da realidade, no próprio campo onde a realidade se mostra, que no caso específico da pesquisa é a sala de aula. Sampieri (2013, p. 514), afirma que os participantes que estão passando por um problema são os que estão mais capacitados para abordá-lo em um ambiente natural.

Sandín (2003), afirma que a pesquisa-ação constrói o conhecimento por meio da prática, relata ainda que a mesma, envolve a transformação e melhoria de uma realidade (social, educacional, administrativa, etc). Ela, de fato, é construída a partir desta.

### 3.6 SEQUÊNCIA DA PESQUISA

Tendo em vista que a pesquisa se sustenta na Teoria de Galperin, a pesquisa foi organizada em cinco fases, sendo elas: a fase I está relacionada com uma introdução diagnóstica, que analisou o nível de partida dos estudantes através de prova diagnóstica de lápis e papel, no conteúdo da primeira lei da termodinâmica. A fase II correspondeu ao planejamento ASPD e elaboração das Bases Orientadoras das Ações – Primeira BOA e Segunda BOA, norteadas pelas observações da avaliação diagnóstica da fase I, em física, compreendendo as etapas materializada (o estudante sabe fazer) e verbal externa (através de seminário, o estudante sabe explicar). Já a fase III foi elaborada a terceira BOA, buscando levar os estudantes até a etapa da formação da ação verbal externa “para si”. Na fase IV foi feita a avaliação final da pesquisa, utilizando as operações e categorias da ASPD, verificando se os estudantes conseguiram chegar até a etapa mental, através da prova de lápis e papel, envolvendo o conteúdo abordado ao longo das fases anteriores. Por fim, na fase V, procedeu-se com a análise dos resultados e divulgação da pesquisa.

Na primeira fase, afim de determinar o nível de partida dos estudantes na segunda série do médio integrado ao técnico, foi aplicada as provas de lápis e papel, com as características de serem problemas heurísticos com conteúdo que já estudaram no segundo bimestre, que se reduzem a primeira lei da termodinâmica e suas características, além de

conceitos chaves para compreensão dessa lei, como (temperatura, calor, trabalho e energia interna). O contexto dos problemas envolveu as ideias do dia a dia dos discentes. Este processo permitiu conhecer o nível que os estudantes estavam em relação aos conteúdos prévios exigidos para a pesquisa como ponto de partida em relação ao objetivo de ensino.

Na segunda fase, houve necessidade de efetuar uma revisão do conteúdo, devido ao resultado ruim obtido no diagnóstico, além de ter tido uma preparação e orientação (aulas teóricas, práticas com a utilização dos softwares e resolução de tarefas) aos estudantes sobre o as implicações da primeira lei da termodinâmica e as transformações gasosas, buscando em cada procedimento identificar o sistema de ações para a resolução dos problemas físicos, que tenham como modelo físico os conteúdos de termodinâmica e, a primeira e segunda BOA, serão do tipo específica, completa e preparada. Na BOA o estudante descobre o conteúdo; é introduzido o objeto de estudo; se mostra aos estudantes como, e em que ordem, se realiza os três tipos de operações que formam a ação: orientadora, executora e de controle. Nessa fase, a primeira e segunda BOA, foram construídas visando chegar até as etapas materializada e verbal externa. Na etapa materializada os estudantes já realizam a ação, mas por enquanto, em forma material (ou materializada) externa, como desenvolvimento de todas as operações que a formam. Já na etapa verbal externa, todos os elementos da ação estão representados na forma verbal externa, a ação é generalizada, mas não automatizada nem reduzida.

Na fase três da pesquisa, que se relacionou com a etapa verbal externa para “si”, que se distinguindo da anterior porque a ação se realiza em silêncio, sem escrevê-la: como interpretação interna. No início a ação, de acordo com as outras características (o caráter desenvolvido da consciência e da generalização), não é diferente da etapa anterior. Adquirindo a forma mental, a ação começa a reduzir-se e automatiza-se rapidamente. Nessa etapa, se exige dos estudantes que resolvam problemas que contemplam as características da primeira lei da termodinâmica em cada uma transformação gasosa, tanto em verbalizando (prova oral) quanto em silêncio (prova escrita e respostas no quadro).

Na quarta fase, os problemas passaram a ser situações problema docente e o nível das provas de lápis e papel, trouxe um caráter geral dentro do conteúdo da primeira lei da termodinâmica (situações problemas complexas), porém os estudantes tiveram que enfrentá-los de forma independente, caracterizada como etapa mental, nesta etapa a ação adquire, muito rapidamente, um desenvolvimento automático, se torna inacessível à auto-observação, o que ocorreu por meio da exigência da apresentação de um seminário “na ação mental formada quase todo o seu conteúdo real se abandona à consciência, o que fica nela não pode ser compreendido corretamente sem a relação com os outros” (GALPERIN, 1959).

Por fim, na quinta fase foi feita a análise dos resultados, confecção de relatórios, expostos os resultados em gráficos e a divulgação da pesquisa.

A pesquisa seguiu as etapas conforme tabela 01, por julgar que seguindo tais etapas, se obterá um maior controle do processo, controle esse que se faz necessário, conforme afirma Talízina “Sem o controle das operações é impossível garantir a formação das ações cognitivas correspondentes em todos os estudantes” (TALÍZINA, 2000, p 161).

Ainda segundo Talízina, esse controle deve ser feito durante todo o processo de ensino aprendizagem, embora em cada uma das etapas, ele seja feito de maneira diferenciada.

“Nas etapas iniciais da assimilação, o controle deve realizar-se por operações. Nas etapas materializadas e de verbalização o controle deve ser sistêmico. Nas etapas seguintes, o controle deve ser episódico: de acordo com a petição do estudante ou ante a presença de erros constantes” (Talízina, 2000, p 165 apud Mendoza; Delgado, 2013: a contribuição de Galperin na avaliação de provas de lápis e papel de sistemas de equações lineares).

Tabela 1: Etapas do processo de assimilação segundo Teoria de Galperin.

Determinar o nível de partida	Elaboração da BOA	Etapa materializada	Etapa verbal	Etapa verbal para si	Etapa mental
Diagnóstico	Avaliação formativa #1		Avaliação formativa # 2		Avaliação Final

Fonte: Mendoza; Delgado (2013)

### 3.7 INSTRUMENTOS UTILIZADOS EM CADA FASE DA PESQUISA

Expõem-se a seguir, quais os instrumentos utilizados em cada fase da pesquisa, como eles foram utilizados, e como os estudantes foram avaliados durante a utilização deles na coleta dos dados. Essa é uma fase considerada crucial na pesquisa, pois a depender do instrumento que se utilize, poderá ter o resultado mudado, por esse motivo os autores apresentam cada instrumento utilizado detalhadamente.

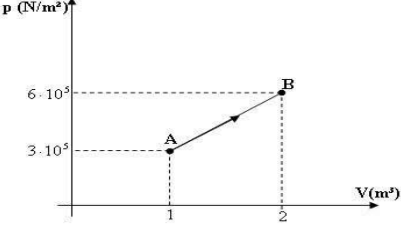
#### 3.7.1 Instrumentos de Coleta de Dados na Fase Diagnóstica

A primeira etapa foi destinada determinar o nível de partida dos estudantes em Termodinâmica, realizada através de uma prova de lápis e papel. A avaliação consiste em extrair informações dos discentes, sobre qual o conhecimento deles no assunto a ser abordado com intuito de determinar o nível de partida, e posteriormente construir a BOA.

O primeiro passo a ser realizado é avaliar o ponto de partida dos estudantes (controle prévio), quanto aos conhecimentos prévios relacionados com o tema a ser aprendido e as habilidades necessárias para executar as ações a realizar em cada uma das etapas do processo de assimilação para cumprir os objetivos de ensino. Este diagnóstico permite preparar a Base Orientadora da Ação – BOA de acordo com o nível inicial dos estudantes. (MENDOZA, HÉCTOR JOSÉ GARCÍA MENDOZA; DELGADO, OSCAR TINTORER, 2013).

Com essa avaliação procura-se cumprir a primeira etapa do processo de assimilação apontada na Teoria de Galperin. O questionário para determinação do nível de partida, tem o objetivo de identificar potencialidades, ou possíveis dificuldades dos discentes em relação ao conteúdo a ser trabalhado na pesquisa, afim de elaborarmos uma BOA que atenda a necessidade do público participante, e identifiquemos onde necessitaremos da maior ênfase, com base nesses resultados.

Quadro 1: Questionário para determinar o nível de partida dos estudantes.

Nº	QUESTÃO	OBJETIVO DA QUESTÃO
01	Em um recipiente, qual a energia interna de 1,5 mols de um gás perfeito na temperatura de 20°C? Considere $R=8,31 \text{ J/mol.K}$ .	Essa questão tem o objetivo de identificar se os discentes se recordam do conteúdo de energia interna, exigirá deles, além de calcular energia interna, leva-os a entender que a temperatura fornecida na questão está em graus Celsius, o que exigirá obrigatoriamente a transformação para Kelvin, retomando na sua memória os conceitos de temperatura.
02	Quando são colocados 12 moles de um gás em um recipiente com êmbolo que mantém a pressão igual à da atmosfera, inicialmente ocupando $2\text{m}^3$ . Ao empurrar-se o êmbolo, o volume ocupado passa a ser $1\text{m}^3$ . Considerando a pressão atmosférica igual a $100000\text{N/m}^2$ , qual é o trabalho realizado sob o gás?	Questão apresentada visando obter informações quanto ao conhecimento prévio dos alunos no que se diz respeito a pressão, volume e trabalho. Conteúdo que será revisto em forma de situação problema a partir da utilização do software.
03	<p>O gráfico abaixo ilustra uma transformação 100 moles de gás ideal monoatômico recebem do meio exterior uma quantidade de calor <math>1800000 \text{ J}</math>. Dado <math>R=8,32 \text{ J/mol.K}</math>.</p>  <p>Determine: a) o trabalho realizado pelo gás; b) a variação da energia</p>	Questão que busca investigar nos alunos a capacidade de interpretação de gráficos, extraindo deste os conceitos de energia interna, trabalho e temperatura. A confecção e interpretação de gráfico será utilizada durante toda a pesquisa pelos discentes, por isso é necessário identificar se eles possuem tais habilidades.



Nº	QUESTÃO	OBJETIVO DA QUESTÃO
	interna do gás; c) a temperatura do gás no estado A.	
04	Ao receber uma quantidade de calor $Q=50J$ , um gás realiza um trabalho igual a $12J$ , sabendo que a Energia interna do sistema antes de receber calor era $U=100J$ , qual será esta energia após o recebimento?	A questão temo objetivo de verificar o entendimento dos alunos sobre trabalho, quando o um sistema está realizando trabalho, ou vice-versa. Tal conhecimento será abordado ao longo de toda a pesquisa, em cada situação que os alunos utilizarem os softwares, eles serão encorajados a se questionar, se o sistema está realizando trabalho, e qual a relação com a energia interna, temperatura, volume e pressão.
05	Um gás ideal recebe calor e fornece trabalho após qual das transformações abaixo: a) adiabática e isobárica. b) isométrica e isotérmica. c) isotérmica e adiabática. d) isobárica e isotérmica. e) isométrica e adiabática.	Questão que busca a compreensão dos alunos sobre os gases e suas transformações, conceitos que foram passados a eles durante o segundo bimestre.

Fonte: Autor da pesquisa.

Todas as questões foram analisadas considerando o número de erros e acertos dos estudantes, analisando-as e extraindo-se elementos que foram úteis para o decorrer da pesquisa.

### 3.7.2 Instrumentos Utilizados na Fase Formativa I

O procedimento nessa fase da pesquisa, visa obedecer a segunda etapa de Galperin” 2ª. A segunda é a etapa da formação da ação na sua forma material (ou materializada). Onde os estudantes já se familiarizaram com ação e já a conhecem, porém de forma ainda materializada”, sem esquecer da direção de ensino e considerando ainda a atividade cognitiva em resolver problemas que envolvem os conteúdos de termodinâmica e contrapartida ao pensamento reprodutivo (MAJMUTOV, 1983).

A prova formativa I – levou em consideração as informações previstas no processo mental das ações consciente, compartilhadas, detalhada e não generalizada. As ações são conscientes, compartilhadas, detalhadas e as operações são automatizadas.

Os parâmetros utilizados nas avaliações Formativas I, Formativa II e Avaliação Final estão subscritos na Tabela 02. Entende-se que não há evolução do conhecimento, sem avaliar constantemente o que se busca conhecer e o que já se sabe.

Tabela 2: Atribuição de conceitos de acordo com a habilidade.

<b>Conceito/desempenho</b>	<b>Habilidade</b>	<b>Ponto</b>
I - Insuficiente – de 1 à 4pts	<b>Compreende o Problema.</b> Ler o problema e consegue interpretá-lo, reconhecendo o seu objetivo.	1
R - Regular – 5 à 8pts	<b>Constrói o Modelo Físico.</b> Extraí todos os elementos conhecidos e desconhecidos determinando as variáveis e incógnitas.	2
B - Bom – de 9 à 12pts	<b>Soluciona o Modelo Físico.</b> Encontrar método para solucionar o modelo físico e soluciona.	3
O - Ótimo – de 13 à 15pts	<b>Interpreta a Solução.</b> Extraír os resultados significativos que tenham relação com o (s) objetivo (s) do problema interpretando-o.	4

Nota: Significados – I (Insuficiente – indicadores incorretos, por categoria); R (Regular – indicadores parcialmente correto, por categoria); B (Bom – indicador essencial correto, por categoria); O (Ótimo – indicador correto, por categoria).

Fonte: Autor (2018).

Para designar a análise deste processo avaliativo, analisa-se como resultado qualitativo, uma escala de 1 até 4 pontos como critério de avaliação: Se o aluno não compreende o problema, obterá um (1) ponto; se o aluno não consegue determinar as variáveis e incógnitas do problema obterá (2) pontos; se soluciona o modelo físico de maneira correta, mas existe pelo menos outro indicador parcialmente correto obterá a qualificação de três (3) pontos e, se não apresenta dificuldades, todos os indicadores estão corretos, inclusive a interpretação, obterá a qualificação de quatro (4) pontos.

Nessa perspectiva, os alunos obterão conceitos insuficiente, regular, bom e ótimo, onde cada conceito é o somatório de pontos obtidos em cada ação. Os estudantes serão classificados em cada conceito de acordo com o quadro 02:

Quadro 2: Interpretação do conceito obtido pelos estudantes.

<b>Conceitos (pontos obtidos)</b>	<b>Interpretação do Resultado</b>
I – Insuficiente (1-4)	Alunos sem condições de operar, pois não conseguem compreender o problema.
R - Regular (5-8)	Conseguem compreender o objetivo do problema, montar o modelo físico de resolução, porém se “enrolam” com variáveis e incógnitas que dificulta a correta resolução.
B - Bom (9-12)	compreendem o problema e constroem um modelo físico, resolvem corretamente, porém não conseguem interpretar os resultados de maneira correta, embora tenham chegado a resolução certa.

<b>Conceitos (pontos obtidos)</b>	<b>Interpretação do Resultado</b>
O - Ótimo (13-15)	são alunos que apresentam habilidades nas três primeiras ações, “não apresentando dificuldade” e começam a interpretar a solução com imprecisões até realizar sem erros.

Fonte: Autor da pesquisa.

Para realização da prova formativa I, foram selecionadas três questões, Q1, Q2, e Q3, descritas a seguir, onde cada questão trouxe sua dificuldade e desafio aos discentes, sendo todas elas relacionadas com as quatro categorias das ASPD.

Quadro 3: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Questão 01.

<b>Q-01:</b> Certa massa de gás perfeito recebeu 300J de energia do meio exterior e realizou um trabalho de 500J. Nessas condições, responda; (KAZUHITO e FUKE, 2013) a) Qual foi a variação de energia interna sofrida pelo gás? b) a temperatura do sistema aumentou ou diminuiu nesse processo?		
<b>Ação</b>	<b>Operações</b>	<b>Elemento Essencial</b>
Compreender o Problema	a) O estudante extrai os dados do problema; b) O estudante determina as condições do problema; c) Sabe o que tem que fazer para dar a resposta ao problema; d) O estudante define o (s) objetivo (s) do problema (encontrar a variação da energia interna sofrida pelo gás).	a
Construir o Modelo	a) Determinar as variáveis e incógnitas (Do enunciado, temos: $Q= 300J$ e $t=500J$ ). b) Compreender corretamente que se trata da expressão da primeira lei da termodinâmica. c) Construir um modelo físico a partir das variáveis incógnitas	c
Solucionar o Modelo	a) Substitui o valor das variáveis. b) Soluciona o modelo físico realizando corretamente as operações. c) Determina o valor da variação da energia interna e se a temperatura do sistema aumentou ou diminuiu no processo.	c
Interpretar a Solução	a) Interpretar o resultado. b) Extrair os resultados significativos que tenham relação com o (s) objetivo (s) do problema. (a variação da energia interna do gás resulta num valor negativo) c) Dar resposta ao (s) objetivo (s) do problema ( $\Delta U= -200J$ , e diminui a temperatura) d) Relacionar o resultado encontrado com a temperatura do sistema, a partir do resultado encontrado.	c

Fonte: Autor da pesquisa.

Quadro 4: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Questão 02.

<b>Q-02:</b> Certa massa gasosa contida em um sistema sofreu uma compressão isotérmica ao ceder 500J de calor para o ambiente. Qual foi o trabalho realizado?
---

<b>Ação</b>	<b>Operações</b>	<b>Elemento Essencial</b>
Compreender o Problema	a) O estudante extrai os dados do problema; b) O estudante determina as condições do problema; c) Sabe o que tem que fazer para dar a resposta ao problema; d) O estudante define o (s) objetivo (s) do problema (encontrar o trabalho realizado).	a
Construir o Modelo	a) Determinar as variáveis e incógnitas ( $\Delta U=0$ , e, se o sistema perdeu calor, temos $Q=-500J$ ). b) Compreender corretamente quando o problema diz se tratar de uma compressão isotérmica. c) Construir um modelo físico a partir das variáveis incógnitas.	c
Solucionar o Modelo	a) Substitui o valor das variáveis no modelo corretamente. b) Soluciona o modelo físico realizando corretamente as operações. c) Determina o trabalho realizado.	c
Interpretar a Solução	a) Interpretar o resultado. b) Extrair os resultados significativos que tenham relação com o (s) objetivo (s) do problema. (a variação da energia interna do gás resulta num valor negativo) c) Dar resposta ao (s) objetivo (s) do problema (compreender que nas transformações isotérmicas, a equação da primeira lei da termodinâmica se torna: $\Delta U=Q - t > 0 = Q - t = Q > t = -500J$ ). d) Relacionar o resultado encontrado com os termos ceder calor, e receber calor.	c

Fonte: Autor da pesquisa.

Quadro 5: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Questão 3.

<b>Q-03:</b> (Mackenzie-SP) Sobre um sistema, realiza-se um trabalho de 3000 J e, em resposta, ele fornece 500 cal ao meio exterior durante o mesmo intervalo de tempo. Se $cal = 4,18 J$ Determine a variação da energia do sistema.		
<b>Ação</b>	<b>Operações</b>	<b>Elemento Essencial</b>
Compreender o Problema	a) O estudante extrai os dados do problema; b) O estudante determina as condições do problema; c) Compreender que Trabalho recebido é negativo e. Calor cedido é negativo; d) O estudante define o (s) objetivo (s) do problema (determinar a variação de energia do sistema).	c)
Construir o Modelo	a) Determinar as variáveis e incógnitas. b) Compreender corretamente que deverá transformar calorias em joule e trabalhar com a mesma unidade. c) Construir um modelo físico a partir das variáveis incógnitas.	c
Solucionar o Modelo	a) Substitui o valor das variáveis no modelo corretamente. b) Soluciona o modelo físico realizando corretamente as	c

<b>Q-03:</b> (Mackenzie-SP) Sobre um sistema, realiza-se um trabalho de 3000 J e, em resposta, ele fornece 500 cal ao meio exterior durante o mesmo intervalo de tempo. Se $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$ Determine a variação da energia do sistema.		
<b>Ação</b>	<b>Operações</b>	<b>Elemento Essencial</b>
	operações. c) Determina a variação da energia interna.	
Interpretar a Solução	a) Interpretar o resultado. b) Extrair os resultados significativos que tenham relação com o (s) objetivo (s) do problema. (a variação da energia interna do gás resulta num valor negativo) c) Dar resposta ao (s) objetivo (s) do problema (compreender que nas transformações isotérmicas, a equação da primeira lei da termodinâmica se torna: $\Delta U = 900 \text{ J}$ ). d) Relacionar o resultado encontrado com os termos realizar trabalho e ceder calor.	c

Fonte: Autor da pesquisa.

### 3.7.3 Instrumentos Utilizados na Fase Formativa II

Nessa fase o procedimento ocorreu na ordem dos quatro passos seguintes:

- I. O professor elaborou uma BOA, e em forma de apresentação deu uma breve explicação das atividades a serem realizadas pelos discentes. As atividades nessa fase, se limitaram a termodinâmica e as transformações gasosas (isotérmica, isobárica e isocórica);
- II. Após a explicação dos objetivos da aula e breve orientação, os alunos receberam o comando de acessar ao site [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/), onde seguiram o fluxo abaixo:
- III. Clicar no botão > entre e simule > simulações > Física > trabalho, energia e potência > propriedade dos gases > baixar. De posse do software (figura 05) instalado na máquina de cada estudante, foi elaborada uma breve explicação de seu funcionamento e comandos pelo professor, posteriormente foi dado um tempo para que os alunos mexessem no simulador e retirassem suas dúvidas sobre o programa.
- IV. Realizar as atividades propostas no quadro 06, correspondente a fase formativa II.

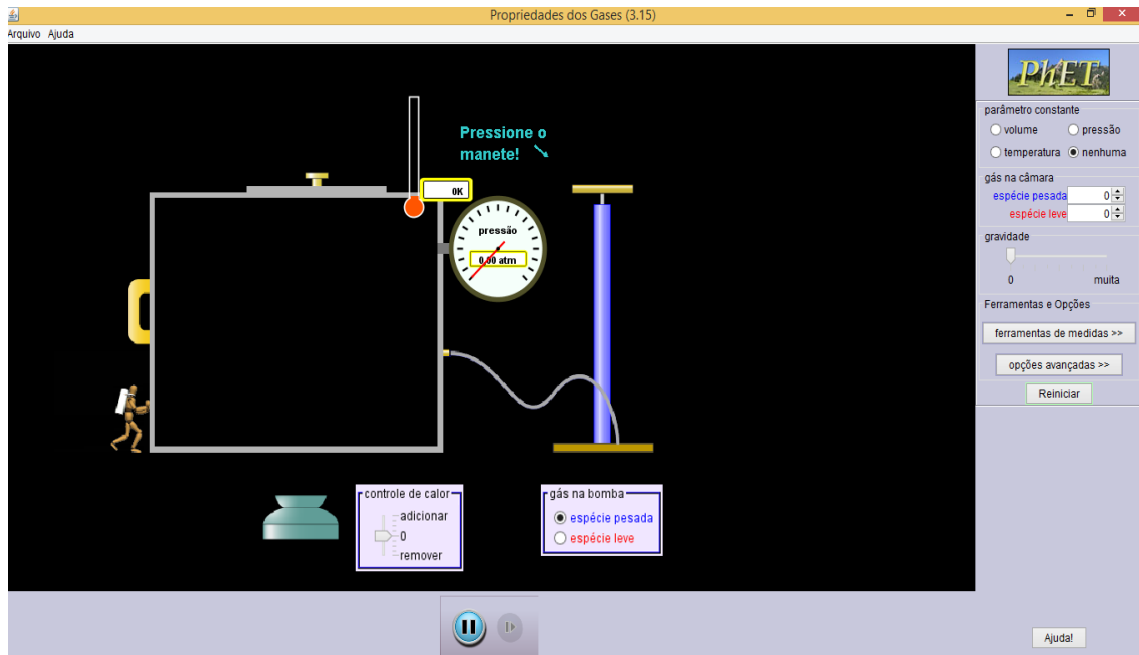


Figura 5: Software de propriedade dos gases ideais.

Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/gas-properties](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties), acesso em: 10/09/2017 às 9h.

Lembrando que nessa fase, introduz-se a problemática do erro em uma perspectiva dialógica e construtiva, refletindo sobre o paradigma positivista de avaliação, encaminhando o indivíduo à superação e ao enriquecimento do conhecimento. Orienta e oferece caminhos alternativos para o aluno prosseguir, seguindo um caminho de buscas e investigações (TEIXEIRA, 2008, apud NETO, 2014) na linguagem oral ou escrita. O que com o uso do simulador tem um melhor encaixe quando se deseja efetuar as idas e vindas nas tentativas dos discentes.

Nessa fase foram utilizados três encontros, onde em cada encontro foi trabalhado um tipo de transformação e a avaliação do conteúdo trabalhado.

#### Quadro 6: Questões para avaliação da fase formativa II

##### **AVALIAÇÃO FORMATIVA II**

1. Utilizando o software de propriedade dos gases, construa um gráfico que represente uma transformação isotérmica.
2. Utilizando o software de propriedade dos gases, construa um gráfico que represente uma transformação isobárica.
3. Utilizando o software de propriedade dos gases, construa um gráfico que represente uma transformação isocórica.

Fonte: Autor da pesquisa.

As questões 01, 02 e 03, trazem parâmetros para a análise qualitativa de forma parecida, onde a principal mudança se deu na variável escolhida a ser considerada constante,

embora as três tenham observações que merecem extremo cuidado e atenção e com suas características individuais preservadas, mesmo com a limitação do software. As questões se tratam da construção de gráficos a partir de um fenômeno observado a partir da utilização do simulador, buscou-se nas questões problemas possibilitar aos discentes uma visualização prática do comportamento do gás ideal em condições diferentes, e quais as implicações desses comportamentos no cotidiano dos alunos. Segue no quadro 07 os parâmetros utilizados para as análises das questões supracitadas.

Quadro 7: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Fase Formativa II.

<b>Ação</b>	<b>Operações</b>	<b>Elemento Essencial</b>
Compreender o Problema	a) O estudante compreende o que é uma transformação isotérmica, isobárica ou isocórica. b) O estudante determina as condições do problema de acordo com o gráfico solicitado; c) Sabe o que tem que fazer para dar a resposta ao problema; (qual parâmetro considerar constante no simulador). d) O estudante define o (s) objetivo (s) do problema (construir um gráfico que represente a transformação).	a
Construir o Modelo	a) Determinar as variáveis e incógnitas para cada transformação. b) Compreende a curva representativa de cada transformação. c) Construir um modelo físico a partir das variáveis incógnitas.	c
Solucionar o Modelo	a) Selecionar a quantidade de moléculas que atuará durante toda a simulação. b) Anota os valores e monta o gráfico. c) Traça a linha e verifica que se trata da curva que representa a transformação indicada no problema.	c
Interpretar a Solução	a) Interpretar o resultado. b) Extrair os resultados significativos que tenham relação com e questiona mudando os valores e verificando novos comportamentos. c) Dar resposta ao (s) objetivo (s) do problema (efetua a leitura e interpreta o gráfico corretamente) (d) Relacionar o resultado encontrado com fenômenos do seu cotidiano.	c

Fonte: Autor da pesquisa.

### 3.7.4 Instrumentos Utilizados na Avaliação Final

Os instrumentos utilizados nessa fase foram: uma prova de lápis e papel e um seminário onde os estudantes deveriam reunir-se em grupos de três componentes e apresentar um dos três tipos de transformação gasosa estudado, utilizando durante a apresentação, o simulador de propriedade dos gases.

Segue abaixo a prova de lápis e papel:

Quadro 8: Avaliação final.

**Avaliação Final (Prova lápis e papel)**

1. O diagrama abaixo (fora da escala) mostra duas transformações gasosas, A e B, de uma mesma massa de um gás perfeito. Levando-se em conta os dados do diagrama, determine:

a) A transformação representada no diagrama?

b) A pressão  $p$ ?

c) A temperatura absoluta  $T_B$ ?

d) O volume  $V$ ?

Fonte: Kazuhito e Fuk (2013).

Quadro 9: Parâmetros para Análise Qualitativa e Quantitativa da Questão 01.

Ação	Operações	Elemento Essencial
Compreender o Problema	a) O estudante consegue compreender o gráfico e interpretá-lo. c) Consegue identificar qual tipo de transformação o gráfico está representando. d) O estudante define o (s) objetivo (s) do problema (Responder as alternativas (a, b, c e d)).	a
Construir o Modelo	a) Identifica as variáveis e incógnitas que o gráfico traz. b) Extrai todas as informações corretamente do gráfico. c) Seleciona as equações corretamente da transformação gasosa já identificada.	c
Solucionar o Modelo	a) A partir da equação selecionada, realiza as operações corretamente. b) Consegue entender que só é possível avançar nas respostas, se encontrar uma das variáveis por vez. c) Consegue responder corretamente as quatro alternativas.	c
Interpretar a	a) Interpretar o resultado.	c



Ação	Operações	Elemento Essencial
Solução	b) Preenche o gráfico com os valores obtidos e faz novamente a leitura do gráfico, interpretando-o corretamente. c) Consegue compreender porque a pressão aumentou, o volume inicial era maior, e a temperatura permaneceu a mesma.	

Fonte: Autor da pesquisa.

#### ▪ Avaliação Final (Seminário)

**Q-02:** Com o auxílio do simulador Phet propriedade dos gases, defina o que é uma transformação (isotérmica, isobárica ou isocórica)? Demonstre experimentalmente (através do simulador) essa transformação? Associe com algum fenômeno do seu dia-a-dia?

#### Quadro 10: Parâmetros para Análise Qualitativa do seminário

**Compreender o problema:** O aluno deverá compreender do que o problema se trata (o sorteio dos grupos definirá qual transformação cada grupo irá apresentar);  
**Resolver o problema:** O aluno deverá manipular o simulador de forma que ele represente a transformação do seu grupo;  
**Interpretar a solução:** Explicar o comportamento das moléculas, utilizando o software e relacionando-a com as variáveis temperatura, pressão e volume.

Fonte: autor da pesquisa.

Nas ações e operações da primeira questão, trabalhou-se os conceitos da transformação isotérmica, através da representação gráfica, o que é importantíssimo para todas as áreas do conhecimento, e os estudantes demonstraram dificuldades na fase diagnóstica. Buscou-se verificar se os estudantes seriam capazes de resolver o problema por iniciativa própria, sem o auxílio do professor até então fornecido nas fases anteriores, o professor nessa fase, controla as operações, retroalimentação e correção necessárias durante o processo de ensino.

Na questão 02, buscou-se verificar como se deu o conhecimento dos alunos, no que se diz respeito a conseguir explicar o conteúdo estudado, fazer uma correta interpretação do conteúdo para os colegas, através da apresentação de um seminário

### 3.8 BASE ORIENTADORA DA AÇÃO - BOA

Galperin chegou à conclusão que as dificuldades que os alunos enfrentam estão relacionadas às bases que orientam e organizam as suas ações mentais, ou seja, ao modelo que organiza o modo de pensar e conduzir as ações dos alunos na formação de conceitos. Para este autor, quando as bases diretivas do processo de ensino não promovem a adequada transformação do plano material em plano mental, se tornam insuficientes e inadequadas à constituição de um pensamento teórico (SOUZA, 2014).

São por essas afirmações que a BOA tem um papel fundamental para uma aprendizagem significativa. A orientação para a concepção da ação fundamenta-se em um conjunto de operações para a ação ser desenvolvida em certa ordem, correspondendo a determinadas regras. Dessa maneira, toda ação é realizada por meio de uma orientação denominada por Galperin (1986) de Base Orientadora da Ação (BOA). Galperin identificou três características das bases orientadoras (TALÍZINA, 1988; ÑUNES, 2009; BASSAN, 2012, apud, SOUZA, 2014), o grau de generalização, que é o modo como a orientação se relaciona às condições essenciais para a formação do objeto de estudo, ou seja, pode modelar-se como uma generalização empírica ou teórica; no grau de plenitude, que se refere à presença da orientação na construção do objeto e pode ser completa (possuir todo o sistema de operações) ou incompleta (ter o mínimo de condições para o êxito da ação); e no grau de modo de obtenção, que indica se o processo de formação da BOA ocorreu de forma independente pelo estudante ou foi elaborado pelo professor (BASSAN, 2012, apud, SOUZA, 2014).

A elaboração da Base Orientadora da Ação pode ocorrer de duas formas: mediante ensaio e erro ou mediante a aplicação consciente. No desenvolvimento deste trabalho se construíra quatro bases orientadoras. A tabela 03, mostra o modelo geral de cada uma:

Tabela 3: Base Orientadora da Ação Geral.

BASE ORIENTADORA DA AÇÃO					
Característica da BOA	Invariante Conceitual	Contexto da Situação problema	Tarefas	Invariante Procedimental	Categorias de Análise
Grau de generalização	Conteúdo ou conceito trabalhado	Situações que podem ser exploradas para	Ações direcionadas que devem ser realizadas	Trabalhar problemas experimentais no contexto de softwares de	Compreender o problema;
Grau de Plenitude					Construir um modelo

BASE ORIENTADORA DA AÇÃO					
Característica da BOA	Invariante Conceitual	Contexto da Situação problema	Tarefas	Invariante Procedimental	Categorias de Análise
Grau de modo de obtenção		levantar questões	para a solução do problema	física, utilizando a Atividade de Situação Problema Docente em Termodinâmica.	Físico; Solucionar o modelo Físico; Interpretar a Solução

Fonte: Adaptada de Souza 2014.

Como modelo, apresentamos a seguir o que estamos chamando de nossa primeira BOA, lembrando que essa BOA não é definitiva, podendo ser ou não utilizada da forma que foi elaborada, tudo vai depender do nível de partida dos estudantes, que será verificado na primeira fase da pesquisa.

### 3.8.1 Primeira Base Orientadora da Ação

- TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

Segundo Schulz (2009) Transformação isotérmica é aquela em que, num processo termodinâmico de um gás ideal, a temperatura permanece constante durante o processo, “iso (igual) + thermo (temperatura)”.

Essa transformação também recebe o nome de *Lei de Boyle-Mariotte*. Boyle em 1660, químico irlandês, um dos primeiros cientistas a estabelecer uma diferenciação entre a química e a alquimia, enunciou a lei, segundo a qual, para determinada amostra de gás, o produto da pressão pelo volume ocupado pelo gás é constante quando a temperatura não varia. Em 1676 Mariotte, um físico francês, descobriu de forma independente a mesma lei. Por isso ela é chamada hoje de lei de Boyle-Mariotte.

Em síntese, a lei pode ser enunciada como: "Quando a temperatura de uma amostra de gás permanece constante, a sua variação de volume é inversamente proporcional à sua variação de pressão."

À temperatura constante, sendo a pressão da amostra  $p$  e o seu volume  $V$ , essa relação pode ser expressa matematicamente por:

**$p \cdot V = \text{constante}$** 

Onde essa constante depende da temperatura em que ocorre a transformação da amostra do gás confinado no recipiente. Essa relação pode ser descrita ainda de outra forma. Se a amostra de gás, a uma pressão inicial  $p_i$ , ocupando o volume  $V_i$ , passar a ter pressão  $p_f$  e volume  $V_f$ , mantendo sempre a temperatura constante, pode-se afirmar que:  $p_i \cdot V_i = p_f \cdot V_f$ . Apresenta-se na tabela 04 a base orientadora da ação 01.

Tabela 4: Base Orientadora da Ação 01 (BOA 01) da ASPD em Termodinâmica.

BASE ORIENTADORA DA AÇÃO 01						
Objetivo	Característica da BOA	Invariante Conceitual	Contexto da situação problema	Tarefas	Invariante procedimental	Categorias de análise
CONSTRUIR UM GRÁFICO QUE REPRESENTA UMA TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA, A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE DA FIG. 05.	Específica	Temperatura	Entender que para determinada amostra de gás, o produto da pressão pelo volume ocupado pelo gás é constante quando a temperatura não varia.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. clicar no local indicado onde consta temperatura na fig. 04, mantendo-a a mesma constante.</li> <li>2. Selecionar a quantidade de 30 moléculas.</li> <li>3. Pressionar play e cronometrar 5 segundos, dando pause ao chegar nos 5, repetir o processo por 5 vezes.</li> <li>4. Verificar o comportamento da pressão e do volume durante os vinte e cinco segundos.</li> <li>5. Fazer um gráfico que represente as suas anotações, buscando identificar uma transformação isotérmica.</li> </ol>	<p>I. Trabalhar problemas experimentais no contexto da termodinâmica, sob as orientações da ASPD; Lê a atividade, atentando-se para as palavras desconhecidas e buscar compreendê-las; Entender o objetivo da atividade experimental, relacionando com a situação problema;</p> <p>II. Explorar os objetos fornecidos para determinar as ideias e conceitos envolvidos;</p> <p>III. Selecionar o meio/forma necessário para a solução e resolvê-lo(s);</p> <p>IV. Responder aos objetivos do(s) problema</p>	<p>Compreender o problema;</p> <p>Construir o Modelo Físico;</p> <p>Solucionar o Modelo Físico;</p> <p>Interpretar a Solução.</p>
	Completa	Pressão	A partir desse conceito, construir um gráfico que irá representar tal afirmação.			
	Preparada	Volume	Gases	Compreender a importância do calor durante o processo;		

Fonte: Autor da pesquisa.

### 3.9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Chegando-se a quinta fase da pesquisa, onde será narrado os resultados do processo avaliativo, nas fases apontadas na metodologia: diagnóstica, formativa, final e pós-teste, a partir da interpretação do material armazenado ao longo da pesquisa, por meio de gráficos, quadros e tabelas, apontando para possíveis aprendizagens e necessidades de reforço no conteúdo de termodinâmica. Procuramos apresentar com detalhes, os resultados de cada fase, dispensou-se nessa fase a apresentação dos instrumentos de coleta de dados com seus respectivos parâmetros utilizados, pois os mesmos foram apresentados anteriormente no local destinado para tal descrição.

Primeiramente analisaremos o desempenho qualitativo dos estudantes em cada uma das questões das provas de lápis e papel e da apresentação do seminário em relação às ações da ASPD e suas respectivas operações. Em seguida uma análise geral das médias de cada uma das ações da ASPD.

#### **3.9.1 Fase Diagnóstica (Determinar o Nível de Partida)**

Visando cumprir ao primeiro objetivo específico da pesquisa “determinar o nível de partida dos alunos no conteúdo de termodinâmica”, debruçou-se nesse objetivo. Como já mencionado nos instrumentos que serão utilizados, o quadro 01 traz o questionário para determinação do nível de partida dos estudantes e têm o objetivo de identificar potencialidades, ou possíveis dificuldades dos discentes em relação ao conteúdo a ser trabalhado na pesquisa, afim de obter dados mais precisos para confecção de uma Base Orientadora da Ação que atenda a necessidade do público participante.

Importante destacar que o grupo de estudantes participantes da pesquisa, já haviam estudado o conteúdo exigido para determinar o nível de partida, portanto existia uma expectativa de que se obtivesse um excelente resultado durante a análise do desempenho desses alunos.

Efetua-se a seguir as análises de cada questão, expondo-se a resposta dos alunos de forma aleatória, uma resposta em cada questão, a fim de demonstrar como os estudantes encararam a prova de lápis e papel no diagnóstico inicial.

**Questão 01:**

01. Em um recipiente, qual a energia interna de 1,5 mols de um gás perfeito na temperatura de 20°C? Considere  $R=8,31 \text{ J/mol.K}$ .

$U = \frac{3}{2} \cdot 1,5 \cdot 8,31 \cdot 293$

$U = 5478,3675 \text{ J}$  ✓

Figura 6: Resposta do estudante 05.

Fonte: Autor da pesquisa.

Nessa questão, apenas 33% dos estudantes conseguiram responder corretamente, embora a questão aparenta ser relativamente simples, talvez a sua grande dificuldade, estava na interpretação, pois 67% dos estudantes erraram a questão por não terem transformado a temperatura para graus Kelvin, como realizou corretamente o estudante E-05 na figura 06, que por sinal foi um dos estudantes que mostrou ter um nível de partida aceitável para dar continuidade aos estudos da pesquisa.

**Questão 02:**

2. Quando são colocados 12 moles de um gás em um recipiente com êmbolo que mantém a pressão igual à da atmosfera, inicialmente ocupando 2m<sup>3</sup>. Ao empurrar-se o êmbolo, o volume ocupado passa a ser 1m<sup>3</sup>. Considerando a pressão atmosférica igual a 100000N/m<sup>2</sup>, qual é o trabalho realizado sob o gás?

$Q = P \cdot \Delta V$  → *variação de volume*  $Q =$  *não sei como colocar na fórmula*

Figura 7: Resposta do estudante 03.

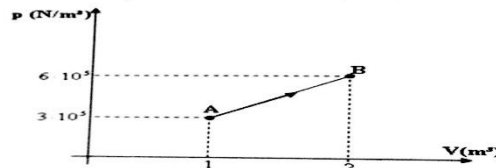
Fonte: Autor da pesquisa.

Essa questão exigiu mais uma vez uma interpretação correta de seu enunciado, pois ele traz a afirmação “qual é o trabalho realizado sob o gás” o que faz toda a diferença nos estudos de termodinâmica, compreender como se dá a realização do trabalho, quem recebe e quem realiza, para compreender corretamente um sistema.

Na fig. 07, a estudante 03, foi sincera ao responder que não sabia colocar a questão na fórmula, deixando evidente que não conseguia lembrar os conceitos de trabalho estudados a pouco por eles na disciplina de física, além de expor uma necessidade de reforço no que se diz respeito a montagem dos modelos físicos para resolver problemas.

**Questão 03:**

3. O gráfico abaixo ilustra uma transformação 100 moles de gás ideal monoatômico recebem do meio exterior uma quantidade de calor 1800000 J. Dado  $R=8,32 \text{ J/mol.K}$ .



Determine: a) o trabalho realizado pelo gás; b) a variação da energia interna do gás; c) a temperatura do gás no estado A.

X  $T = 6 \cdot 10^2 \cdot 1 \text{ m}^3$   $T = 6 \cdot 10^3 \text{ J}$  ~~b)  $\Delta U = 18 \cdot 10^5 - 6 \cdot 10^8 \text{ J} = 12 \cdot 10^3 \text{ J}$~~

Figura 8: Resposta do estudante 06.

Fonte: autor da pesquisa.

Essa questão, foi sem dúvidas, a que se revelou mais desafiadora aos estudantes, pois 55% dos estudantes nem se quer, conseguiram ensaiar uma resposta na questão, preferindo deixar a alternativa em branco, sem resposta. Cerca de 70% estudantes relataram durante a realização da prova diagnóstica, que existe uma grande dificuldade em interpretar gráficos, o que acendeu um sinal de alerta aos pesquisadores, pois no conteúdo de termodinâmica se utiliza muitos gráficos, e a pesquisa pretende em todo o tempo trabalhar com gráficos, já tornando evidente mais um ponto a ser reforçado.

**Questão 04:**

$$\begin{aligned}
 4) \quad 100 \text{ J} &= 50 \text{ J} - 12 \text{ J} \\
 100 \text{ J} &= 38 \text{ J} \\
 \text{J}^2 &= \frac{100}{38} = \text{J}^2 = 2,63 \\
 \text{J} &= \sqrt{2,63} \\
 \text{J} &= 1,6
 \end{aligned}$$

Figura 9: Resposta do estudante 01.

Fonte: Autor da pesquisa.

Uma questão bem simples, onde a maior dificuldade seria realizar a extração dos elementos conhecidos e desconhecidos, montar o modelo físico e realizar a solução, porém para surpresa dos pesquisadores, 0% dos estudantes acertaram a questão, sendo que destes, 33% nem se arriscou a responder, reforçando mais uma vez, que os conceitos da termodinâmica necessitavam ser revistos, para só então, dar prosseguimento a pesquisa.

Na fig. 09, o estudante ao passar os dados para o modelo físico, não consegue distinguir o que seria o calor, e o que seria o trabalho, nem a energia interna, expondo uma



dificuldade que se revelou presente durante toda a prova diagnóstica no estudante 01, a ausência de conhecimento prévio para avançar no conteúdo, esse estudante (01) não conseguiu responder corretamente nenhuma das alternativas, e aquelas em que ele ensaiou uma resposta, deixou claro que seu baixo conhecimento sobre o assunto termodinâmica.

**Questão 05:**

5. Um gás ideal recebe calor e fornece trabalho após qual das transformações abaixo:  
 a) adiabática e isobárica. ~~b) isométrica e isotérmica.~~ c) isotérmica e adiabática. d) isobárica e isotérmica. e) isométrica e adiabática.

Figura 10: Resposta do estudante 01.

Fonte: Autor da pesquisa.

Uma questão de múltipla escolha, que buscou efetuar a análise sobre o conhecimento dos estudantes em relação aos três tipos de transformações gasosas a serem estudadas ao longo da pesquisa, isotérmica, isobárica e isocórica. Na fig. 10 o estudante circula as palavras calor e isotérmica, efetuando uma conclusão equivocada de que a transformação se referia a apenas isotérmica, pois o estudante não considerou a informação “fornece trabalho”.

▪ **Análise do Desempenho Geral dos Estudantes na Prova Diagnóstica:**

O desempenho geral dos nove alunos deu-se em conformidade com a tabela 05, aluno por aluno. O contexto dos problemas sustenta-se nas ideias do cotidiano, conforme questões expostas no quadro 01. Este processo permite conhecer o nível que os estudantes apresentam em relação aos conteúdos prévios exigidos para a pesquisa.

Tabela 5: Análise de desempenho dos estudantes (E-01 a E-09) na prova diagnóstica.

Questão	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07	E-08	E-09
01	I	I	I	I	C	I	I	C	C
02	I	I	I	NR	C	C	NR	C	C
03	NR	NR	I	NR	I	I	NR	NR	I
04	I	NR	I	NR	I	I	I	NR	I
05	NR	C	I	C	I	I	C	C	C

Fonte: Autor da pesquisa.

Legenda: E = Estudante, I = Incorreta, NR = Não Respondeu, C = Correta.

Diante do resultado exposto, na tabela 05 percebe-se certa fragilidade no desenvolvimento de conceitos, atitudes e habilidades que permitem os alunos resolver situações mais complexas que exige o conhecimento fundamental de termodinâmica,

especialmente no que se diz respeito a compreensão de enunciados e interpretação de gráficos como no caso da questão 03, onde 55% não responderam à questão, e 45% responderam incorretamente. Percebe-se ainda que a questão onde houve o maior número de acerto foi a Q-05, que se trata de uma questão objetiva onde deveria ser marcada uma alternativa, é perceptível que os estudantes E-02, E-04 e E-07 apesar de terem assinalado a alternativa correta, não conseguiram responder corretamente nenhuma das questões anteriores, o que levanta uma suposição de que assinalaram a questão apenas por assinalar, sem verdadeiramente saber exatamente o conceito abordado na questão.

Para cada questão respondida corretamente, foi atribuído nota 02 (dois) pontos, para as questões respondidas incorretamente foi atribuído nota 0,5 (zero vírgula cinco) pontos, e para as questões não respondidas foi atribuído nota 0 (zero) pontos. Optou-se por não atribuir nota zero aos estudantes que responderam à questão incorretamente, mais realizaram a tentativa de responde-la, por entender que esses estudantes fizeram algo, que merece ser valorizado, até como uma forma de estímulo ao seu esforço e considerar como ele efetuou o seu raciocínio durante a tentativa de responder. Sendo considerado os estudantes com capacidade mínima de operar os conteúdos, aqueles que obtiveram nota igual ou maior que 5 (cinco) pontos na prova.

No geral, o grupo teve baixo rendimento devido a alguns fatores, dentre eles, à ausência de assimilação satisfatória dos conceitos da primeira lei da termodinâmica, o que dificultou a realização de atividades envolvendo essas leis. Dessas acepções esperava que ao aplicar a prova de lápis e papel para o grupo, que estes estudantes dominassem os conceitos mais básicos de termodinâmica, como energia interna, gás ideal, calorimetria, transformações gasosas, os conceitos de pressão, temperatura, volume e número de mols, que são imprescindíveis para o estudo da termodinâmica.

Os conteúdos de termodinâmica, se mostram de suma importância para as mais diversas áreas do conhecimento (ciência dos materiais, indústria, arquitetura, dentre outras), revelando-se um conhecimento indispensável para a compreensão de fenômenos do cotidiano. Por isso, os temas da avaliação diagnóstica para determinar o nível de partida desses estudantes se faz fundamental, afim de compreender os conceitos já adquiridos por esses alunos e ampliar esses conceitos para demais áreas, contextualizando-o com o cotidiano. Este é o principal referencial desta fase, que apresenta seus resultados no gráfico 01.

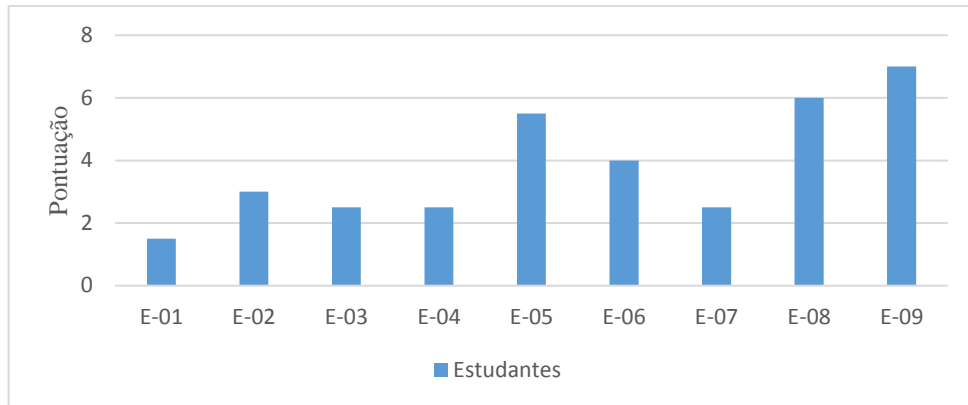


Gráfico 1: Pontuação discente na prova diagnóstica (Nível de Partida).

Fonte: Autor da pesquisa.

No gráfico 01, fica claro, de modo geral, que apenas três estudantes tiveram nota considerada aceitável para seguirem em frente nos estudos do conteúdo de termodinâmica, os estudantes E-05, E-08 e E-09, o que corresponde a um percentual de 33% dos participantes da pesquisa, os demais estudantes, ou seja, 67% deles, obtiveram nota igual ou inferior a 4 (quatro) pontos, sendo considerados estudantes que necessitam de correção e ser retroalimentado, uma vez que a aprendizagem correta dos conceitos básicos da termodinâmica, serão fundamentais para que se resolva os problemas propostos no decorrer da pesquisa.

Devido ao resultado encontrado, necessita-se de um planejamento como estratégia de pesquisa, onde pretende-se utilizar o método didático baseado na Atividade de Situações Problemas Docentes no conteúdo da primeira lei da termodinâmica que abrange as quatro ações, tendo como objetivo sanar as dificuldades apontadas nos instrumentos aplicados e coletados, nas abordagens específicas à análise e interpretações dos mesmos, na aplicação da teoria de formação por etapas das ações mentais e a teoria geral de direção do processo de estudo (MENDOZA, 2009).

O resultado da prova diagnóstica norteou o nível de partida com relação aos organizadores prévios dos alunos, os quais implicaram no processo de retroalimentação e correção dos conteúdos que envolveram esta avaliação.

Outrossim, ratificamos que 67% dos estudantes não mostraram habilidades mínimas na resolução de operações que envolvem a primeira lei da termodinâmica. No entanto esta ação orientou o processo neste primeiro momento, de forma não generalizada, detalhado e compartilhada.

## ▪ RETROALIMENTAÇÃO E CORREÇÃO DO NÍVEL DE PARTIDA

Diante do resultado exposto no nível de partida, com a necessidade de retroalimentar e corrigir possíveis deficiências identificadas na prova diagnóstica, passou-se a reforçar os conceitos em forma de revisão, e discussão para que os estudantes relembassem o conteúdo visto a pouco por eles.

Seguiu-se com a estratégia de explicação do conteúdo de gases ideais, e após as explicações e discussão em sala de aula, elaborou-se exercícios afim de materializar o conteúdo que era necessário para que se passasse a exigir os problemas envolvendo a termodinâmica a partir da utilização do software de propriedade dos gases.

Foram destinadas 4h de aula, entre explicação teórica e exercícios do conteúdo, visando garantir a assimilação dos conceitos e nivelar o grupo de alunos participantes da pesquisa, tendo em vista a impossibilidade de avançar sem ao menos garantir que o grupo de estudantes estejam todos próximos do conteúdo, visando cumprir o Vygotsky (1988, p. 97), orienta sobre a zona de desenvolvimento proximal-ZDP que é definida por este autor como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de uma criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes”.

## ▪ Plano de Ensino

A tabela 06 (dois) traz o plano de ensino, afim de seguir a direção de estudo apontada por Talízina, etapas mentais estabelecidas por Galperin e considerando ainda o que Majmutov traz a respeito de problemas docentes experimentais.

O plano de ensino está exposto apenas nessa seção da pesquisa devido a necessidade de se programar o conteúdo a partir da necessidade dos estudantes identificada na fase diagnóstica, não faz sentido planejar algo, sem saber qual o nível de cada discente em relação ao conteúdo que será abordado.

Tabela 6: Plano de Ensino

Conteúdo	Objetivos:	CH	Tipo de Atividades e Ações da ASPD	Características das Etapas Mentais	Habilidades dos Estudantes	Fases
Energia interna, Trabalho e Gás	Diagnosticar o nível de partida dos estudantes para	2h	Utilização de Software e Prova diagnóstica de			I

Conteúdo	Objetivos:	CH	Tipo de Atividades e Ações da ASPD	Características das Etapas Mentais	Habilidades dos Estudantes	Fases
Ideal.	aprender a primeira lei da termodinâmica e suas aplicações.		lápiz e papel.			
Energia Térmica; Equilíbrio Térmico; A Lei Zero da Termodinâmica; Temperatura e Calor; Calor e Trabalho; A 1ª Lei da Termodinâmica.	Compreender cada conceito relacionado com a 1ª lei da Termodinâmica;  Ler e interpretar situações problema envolvendo os conceitos da 1ª Lei.  Resolver situações problemas dos conceitos que envolvem a 1ª lei da termodinâmica	4h	Orientação do sistema de ações da ASPD em termodinâmica a partir de problemas encontrados ao utilizarem o software.  Construção da BOA.  Aula expositiva, utilização de softwares e exercícios.	As ações são materializadas, não generalizada, detalhada, consciente e compartilhada.	Compreender as ações da ASPD em termodinâmica.	II
A Primeira Lei da Termodinâmica e as Transformações Gasosas.  Lei de Boyle;  Lei de Charles;  Lei de Gay-Lussac.	Representar situações problema de transformações isotérmica, isocórica e isobárica.  Identificar as características e diferenças de cada transformação.  Construir gráficos que representem cada uma das transformações	6h	O estudante deve realizar detalhadamente o sistema de ações tomando como bases os problemas envolvendo as transformações: isotérmica, isocórica e isobárica.  Prova Formativa.	As ações são: consciente, compartilhadas, detalhada e não generalizada.	Fazer as ações da ASPD nas transformações.	II

Conteúdo	Objetivos:	CH	Tipo de Atividades e Ações da ASPD	Características das Etapas Mentais	Habilidades dos Estudantes	Fases
	Fazer a verificação dos resultados.					
Estudo das Transformações isotérmica, isocórica e isobárica.	Resolver situações problema envolvendo as transformações .	2h	O estudante deve saber aplicar o sistema da ASPD na 1ª lei da termodinâmica em novas situações  Exercício.	As ações começam a ser: mental interna, generalizada e abreviada.	Aplicar a ASPD em transformações termodinâmicas.	III
Estudo das Transformações isotérmica, isocórica e isobárica.	Aplicar o conhecimento prático com a utilização do software na resolução de situações problemas;	3h	O estudante deve saber transferir o sistema da ASPD em termodinâmica para novas situações (4ª etapa linguagem externa para si).	As ações são: mental interna, generalizada, abreviada e consciente.	Transferir as ações da ASPD em termodinâmica	III
Estudo das Transformações isotérmica, isocórica e isobárica.	Realizar interpretações físicas de termodinâmica na resolução de situações problemas;	2h	O estudante deve ter o habito de usar o sistema da ASPD em Termodinâmica para resolver novas situações (5ª etapa linguagem interna)	As ações são: mental interna, generalizada, abreviada, automatizada e independente.	Utilizar as ações da ASPD em termodinâmica como habito para resolução de situações problema.	IV
Avaliação Final	Prova de lápis e papel contendo problemas de todo o conteúdo estudado	1h	O estudante deverá resolver os problemas a partir do sistema da ASPD	Será avaliado qual etapa os estudantes conseguiram atingir.		V

### 3.9.2 Fase Formativa I

Dando continuidade à pesquisa foram realizadas sequências didáticas de acordo com a Teoria de Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos de Galperin, além da utilização do método de resolução de problemas segundo Majmutov. Entre as atividades propostas foi realizado uma aula de revisão dos conceitos visto por eles no bimestre anterior, após a revisão e discussão do conteúdo de gases ideais, e resolução de exercícios afim de cumprir a etapa materializada e imprimir nos estudantes os conceitos indispensáveis para resolução de problemas envolvendo a termodinâmica.

Os resultados foram dentro da mesma média da primeira fase, o que chama atenção é que os discentes que se mostraram com um nível um pouco acima no exame diagnóstico E5, E8 e E9, mantiveram a distância em relação a turma, porém a distância diminuiu consideravelmente, perceberemos ao fazermos o comparativo nas duas fases.

Ainda se percebeu uma dificuldade dos estudantes E-04, E06 e E-07 em compreender o problema, sobretudo conseguir interpretar o objetivo do problema. Os estudantes E-01, E-02 e E-03, aparentaram, ao olhar o resultado, dificuldades em construir o modelo, tais dificuldades foram claramente reveladas na correção das atividades, que se tratava de confundir os sinais utilizados quando o sistema está cedendo ou recebendo o calor.

Essa questão, apresentou grande dificuldade por maioria dos discentes, a exceção E-04, E06 e E-07, no que se diz respeito a construção do modelo físico, pois era necessário se atentar para a transformação das unidades diferentes e se trabalhar com a mesma unidade, o próprio problema apontou essa informação, porém os estudantes não se atentaram a esse detalhe, sendo assim levados a errar a questão.

Os resultados para as três questões na prova formativa I, com base nos parâmetros dos quadros 03, 04 e 05, está expresso na tabela 07, importante ressaltar que não se construiu uma tabela para cada questão, levando em consideração a quantidade de informação, trazendo, portanto, uma média do desempenho dos discentes nas três questões.

Tabela 7: Resultado da prova formativa I.

Sujeito	1ª Ação	2ª Ação	3ª Ação	4ª Ação	TOTAL
	Compreender o problema	Construir o modelo Físico	Solucionar o modelo Físico	Interpretar a solução	Pontos
E1	R	R	R	I	6
E2	B	R	R	I	7
E3	R	R	R	I	6

Sujeito	1ª Ação	2ª Ação	3ª Ação	4ª Ação	TOTAL
	Compreender o problema	Construir o modelo Físico	Solucionar o modelo Físico	Interpretar a solução	Pontos
E4	I	I	I	I	4
E5	B	B	B	B	12
E6	I	I	I	I	4
E7	I	I	I	I	4
E8	B	B	B	B	12
E9	B	B	B	B	12

Fonte: Autor da pesquisa.

De prontidão, os resultados nesta fase, apresentam uma variação que nos possibilita interpretar, na ação “solucionar o modelo físico” três estudantes (E1, E2 e E3) se demonstraram motivados em resolver as questões problemas, no entanto confundiram as informações. Enquanto que os estudantes E-05, E-08 e E-09 respondem certo em partes, permanecendo um nível acima como demonstrado no teste diagnóstico, os três E-04, E-06 e E-07 não acompanharam a turma, por não desenvolver habilidades de compreensão do problema.

Observa-se que a 3ª ação os estudantes que conseguiram compreender o problema, tiveram um breve sucesso na resolução do problema, ou pelo menos na tentativa de resolução. Porém, sabe-se que existe uma relação entre a 1ª e 3ª ação, pois o aluno que não compreende o problema, não tem como avançar e solucionar o modelo.

No computo geral das questões em análise, direciona-se maior crédito para a ação solucionar o modelo e interpretar a solução, pois se os estudantes apenas solucionam o modelo, mais não conseguem dar significados ao que foi encontrado por eles, serão apenas números sem relevância, e a pergunta “onde irei utilizar isso em minha vida”, continuará sem resposta em seu cognitivo, ao irem rumo à interpretação do fenômeno físico em questão, aproxima-se do que é desejado para a disciplina.

Diante disso, apresenta-se o gráfico 02, que sintetiza e se mostra uma ferramenta de melhor visualização dos resultados na fase formativa.



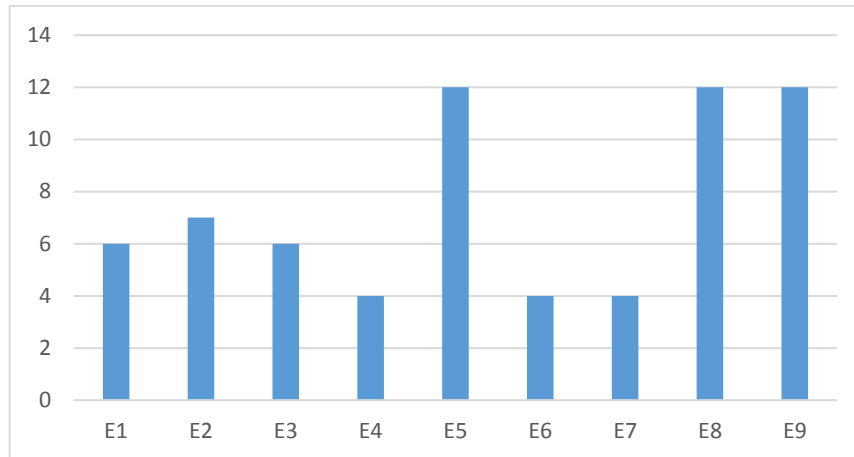


Gráfico 2: Pontuação discente na prova formativa I (etapa materializada).

Fonte: Autor da pesquisa.

O gráfico 02 revela que houve uma tímida melhora de três discentes em relação ao nível de partida, o que poderá ser melhor observado ao efetuar-se a comparação entre o diagnóstico e a formativa I, embora essa melhora apontada seja tímida, confirma-se que muitos estudantes não conseguem dar prosseguimento para resolver um problema, não é porque simplesmente não querem, ou estão desprovidos de coragem, mais, sim, porque muitas vezes não foram bem orientados quanto ao objetivo do problema, e quais ações devem realizar rumo a uma resposta. A ação será sempre coordenada pela Base Orientadora da Ação - BOA, é nela que o estudante deverá encontrar as coordenadas a serem seguidas, por esse motivo faz-se necessário sempre dá uma atenção especial na construção dessa BOA, pois se a mesma se faz confusa ao estudante, dificultará o andamento do processo de ensino.

O gráfico mostra que a introdução de um material didático baseado na ASPD, a partir do conteúdo de termodinâmica ajudou na aprendizagem da atividade em questão. Tornando-se possível a verificação que, em relação ao nível de partida aparece um tímido avanço.

Nesse sentido, pode-se mensurar um certo progresso nas respostas dadas aos problemas, apesar de não ter sido efetuada a análise por meio das ASPD no diagnóstico, percebe-se que na formativa I 70% dos alunos, na 1ª ação (compreender o problema), classificaram-se com conceito regular (confunde as informações); 10% bom (responde certo em parte); 20% ficaram estacionados, no conceito insuficiente (não compreende) nesta avaliação. Enquanto que na 2ª ação (construir o modelo físico, 20% deles, responderam certo em parte, as questões apresentadas, 30% sinalizaram confundir as informações e 50% foram insuficientes.

Na 3ª Ação (solucionar o modelo físico) 66% demonstraram estarem motivados em tentar enfrentar os problemas, no entanto, apenas 33% deles conseguiram de fato solucionar o

problema, os 33% restante confundiam as informações, mostrando uma significativa melhora em relação ao diagnóstico.

Pode-se observar que na ação interpretar a solução, 33% dos alunos se enquadraram no conceito bom, enquanto que 66% deles no conceito insuficiente. Este comportamento nesta ação, pode encontrar sua justificativa na compreensão dos conceitos trabalhados e suas aplicações nas situações problemas, pois nas três primeiras ações da ASPD compreende-se o processo de aprender fazer e saber fazer as tarefas que envolveram conteúdo de termodinâmica de forma contextualizada trazendo algumas informações implícitas em seus enunciados, que exigiam uma reflexão sobre o que o problema diz quando fala em ceder ou receber calor, realizar ou sofrer trabalho.

Em resumo, não basta fazer (dar resposta) aos problemas, precisa explicá-los, pois sem a explicação física, os conceitos continuarão sem assimilação por parte dos estudantes.

Passa-se para a análise do gráfico 03, onde mostra-se um comparativo do nível de partida para a prova formativa I.

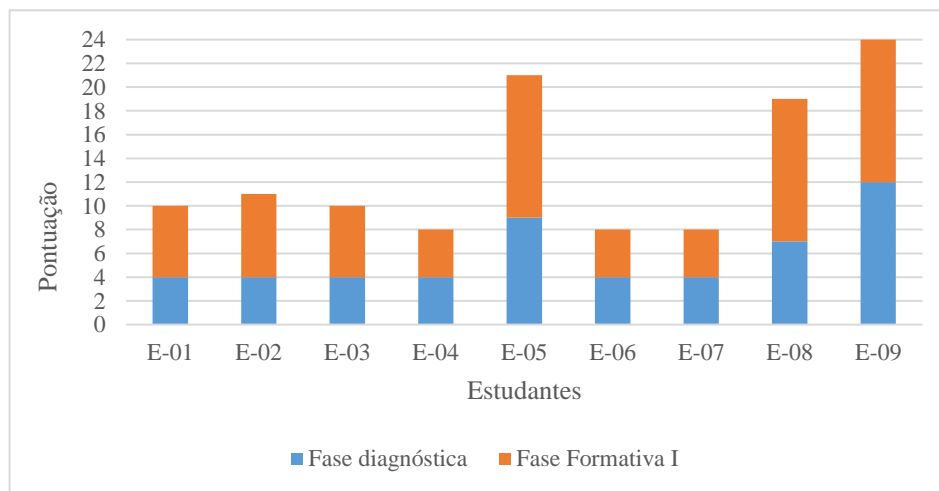


Gráfico 3: Pontuação discente na avaliação diagnóstica e formativa I.

Fonte: Autor da pesquisa.

Ao juntar-se a prova que determinou o nível de partida com a prova formativa I, pode-se externar pelo menos duas características bastante relevantes na análise: dizem respeito a zona de desenvolvimento proximal e a utilização de uma base orientadora da ação.

Na fase diagnóstica, embora deixando claro novamente, que esses estudantes já tinham visto o conteúdo, muitos deles não conseguiram absorver os conceitos relacionados ao assunto, dificultando assim uma associação do conteúdo cobrado com aquilo que tinham visto a pouco durante as aulas de física. Ao ser efetivada a revisão do conteúdo e discussão com

esses discentes, houve uma ligação com aquilo que tinha ficado apenas na memorização para realização de uma prova, ou seja, houve uma assimilação mecânica, e não foi transferido para o cognitivo desses estudantes, uma vez realizada a revisão, percebeu-se ter reativado aquele conteúdo que havia sido mecanicamente estudado a pouco. Portanto, esses estudantes trouxeram partes daquilo que conseguiram relembrar, o que facilitou a melhora na segunda avaliação em que foram submetidos.

Por outro lado, essa conexão com o conteúdo visto anteriormente por eles, porém “esquecido”, foi possível através da utilização de uma BOA bem elaborada de acordo com a necessidade demonstrada no nível de partida desses estudantes, este modelo de conduzir e orientar as ações dos alunos, no pensar a formação de conceitos enfrentando situações problemas, desestabiliza o senso comum do ensino conteudista absorvido pelo aluno, em virtude das dificuldades apresentadas para ler, escrever e interpretar os problemas físicos no desenvolvimento conceitual e teórico escolhido para o conteúdo novo. É nítida a melhora do diagnóstico prévio para a prova formativa I de seis estudantes (E-01, E-02, E-03, E-05, e E-08).

O gráfico reforça a necessidade da orientação, execução e controle de acordo com as peculiaridades do conteúdo dado, na qual se dirige as ações, pois é nítida tal necessidade discente na apropriação da ação na transformação da atividade externa à interna, nesta fase da pesquisa, em decorrência do seu modo preparado (tarefas respondidas pelo professor). Para tanto, entraremos na próxima fase da pesquisa, com um método experimental virtual que poderá ser um suporte ao docente, na tentativa de potencializar esses estudantes a resolver problemas.

A partir deste resultado apresentado até o momento, realiza-se o processo de orientação e correções necessárias, visando com que os discentes passem a tomar decisões de forma mais independente, não necessitando mais totalmente da ajuda do professor, pois nesta etapa da teoria as ações externas materiais ou materializadas, faz com que, o estudante seja guiado quanto à representação do objeto em estudo de modo que, as distorções conceituais sejam corrigidas e bem trabalhadas para o sucesso da atividade seguinte.

Dito isto, para os nove estudantes, as suas ações ainda dependem do docente e suas respectivas operações foram desenvolvidas na forma material e materializada, na busca pela sua automatização com solidez, porém, na última ação “interpretar a solução” observa-se que ainda é material, não generalizada, detalhada e não consciente.

### 3.9.3 Fase Formativa II

Nessa fase da pesquisa, inclui-se um novo método como ferramenta auxiliadora na visualização e resolução de problemas experimentais em caráter virtual, e na busca de melhor assimilação dos conceitos estudados, sem desconsiderar o controle sistêmico apontado por (TALÍZINA, 2000), quanto ao conhecimento relacionado entre as ações no processo de assimilação, retroalimentação e correção cíclica, em busca de cumprir os objetivos nessa fase.

A introdução de um novo recurso, nesse caso, o simulador Phet de propriedade dos gases ideais, visa alcançar o estabelecido pelos autores Mendoza e Delgado (2013),

Não tem sentido para um ensino desenvolvimentista, tratar de continuar para a próxima etapa sem que a maioria dos estudantes estejam sabendo o que se exigirá deles. Assim devemos definir que a avaliação em todas as etapas (controle do processo) é para servir como retroalimentação para corrigir. Se a aprendizagem da turma não corresponde com as exigências dos objetivos de ensino, será necessário utilizar todos os recursos possíveis incluindo o reforço e o uso de recursos didáticos especiais. O papel do professor é determinante nesta etapa (MENDOZA; TINTORER, 2013, p. 294, apud NETO, 2014).

Os estudantes tiveram uma mudança de ambiente, saindo do tradicional vivenciado por eles na maioria das disciplinas estudadas, passando a ter as aulas no laboratório de informática, onde eles foram se familiarizando com a ideia de ir ao laboratório de informática estudar física, o que por mais assustador que se pareça, era novidade para 90% da turma, a figura 11 revela os alunos no laboratório.



Figura 11: Estudantes participantes da pesquisa no laboratório de informática.

Fonte: Retirada pelo próprio autor.

O maior desafio da fase formativa II, foi coletar dados significativos para orientar e reorientar o processo de ensino, caso seja necessário. Pois, esta avaliação está envolvida

diretamente na assimilação dos conceitos com a teoria apresentada e sua aplicação na resolução de problemas (método), ou seja, observam-se os objetivos propostos, no intuito de intervir no modelo ensinado.

Na figura 12 percebe-se a resposta da questão 01 por um dos estudantes participantes da pesquisa, onde o mesmo atribuiu quatro valores para a variação do volume e observa qual a pressão para cada um dos volumes, construindo um gráfico pressão pelo volume. Percebe-se na figura, que o estudante deixou corretamente a variável temperatura como constante em todas as quatro medições, alterando-se o volume e observando o que o simulador atribuiu para a pressão. Ainda se observa, que o gráfico do estudante compreende corretamente a ideia de uma curva isotérmica, é claro que, dentro das limitações de simulador e recurso disponível para construção de um gráfico mais preciso por parte dos estudantes. A figura serve para compreensão de como se deu a metodologia adotada pelo alunado, para solucionar o problema 01 da formativa II.

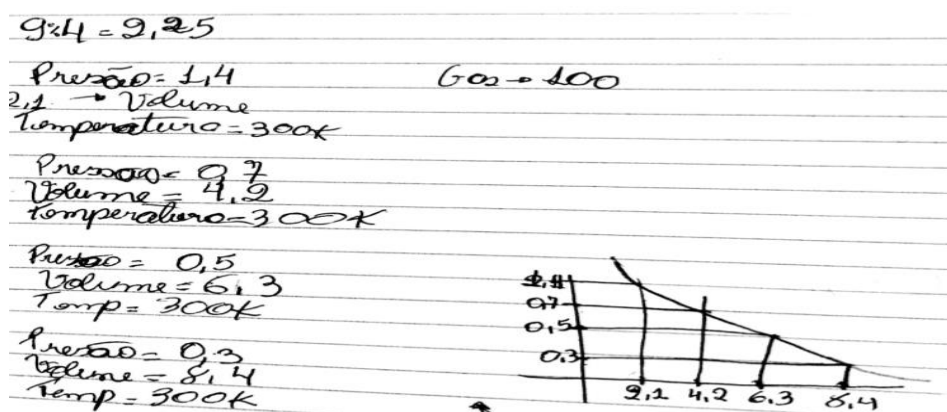


Figura 12: Estudante resolvendo a questão 01 da fase formativa II.

Fonte: Próprio autor.

Nas figuras 13, temos a resposta de um estudante para a questão problema 02. Percebe-se que esse estudante deixou o volume como a variável constante, representando corretamente a transformação isobárica.

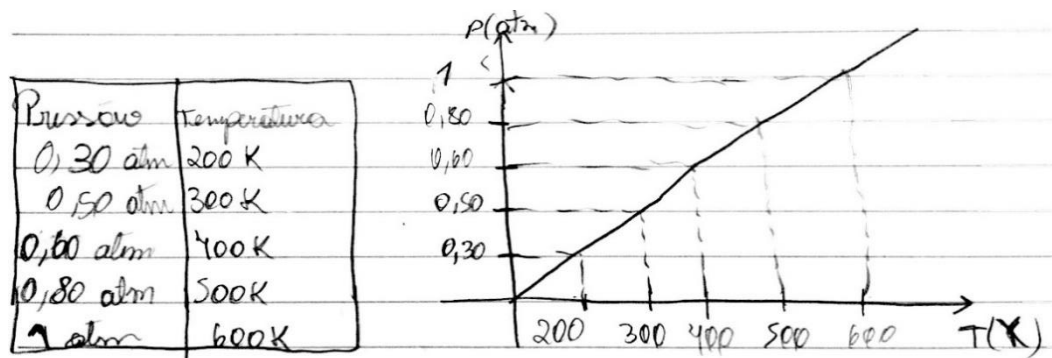


Figura 13: Estudante resolvendo a questão 02 da fase formativa II

Fonte: Autor da pesquisa.

A figura 14 traz a resposta de um estudante participante da pesquisa, para a questão 04, onde deveria ser realizado um gráfico representando uma transformação isocórica. Percebe-se na figura que o estudante, fez um gráfico volume pela temperatura, permanecendo com a variável pressão constante, representando corretamente a transformação solicitada na questão.

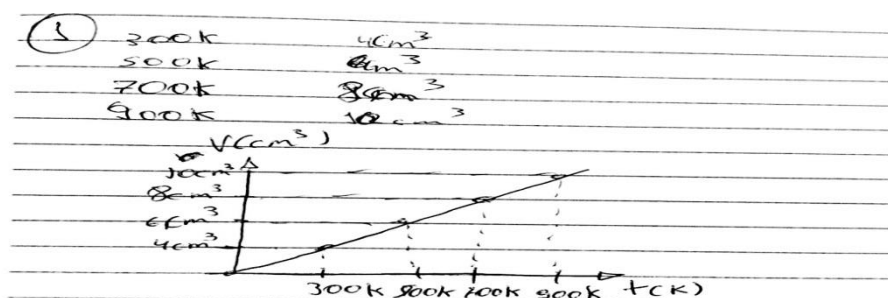


Figura 14: Estudante resolvendo a questão 03 da fase formativa II

Fonte: Autor da pesquisa.

Expõem-se na tabela 08 os resultados qualitativos obtidos pelos estudantes, de acordo com o quadro 06, segundo a ASPD.

Tabela 8: Avaliação Formativa II (Linguagem externa para si).

Sujeito	1ª Ação	2ª Ação	3ª Ação	4ª Ação	TOTAL
	Compreender o problema	Construir o modelo Físico	Solucionar o modelo Físico	Interpretar a solução	Pontos
E1	B	R	R	I	6
E2	B	R	R	I	6
E3	B	R	R	I	6
E4	B	I	I	I	4
E5	B	B	B	R	12
E6	B	R	I	I	5

Sujeito	1ª Ação	2ª Ação	3ª Ação	4ª Ação	TOTAL
	Compreender o problema	Construir o modelo Físico	Solucionar o modelo Físico	Interpretar a solução	Pontos
E7	B	I	I	I	4
E8	B	B	B	R	12
E9	B	B	B	R	12

Fonte: Autor da Pesquisa.

Os resultados apresentados nesta avaliação revelam um avanço para a 1ª ação, o que é muito bom, todos os nove estudantes terem compreendido o enunciado das três questões sabendo inclusive distinguir a isotérmica, isobárica e isocórica, sendo 100% de estudantes classificados com o conceito bom.

Segundo Mendoza e Delgado (2016)

O conhecimento começa, de acordo com a fórmula lenista, com as sensações e as percepções, e estes têm sua base nas representações e nos conceitos. O conhecimento tem um caráter objetivo, que é produzido em uma percepção viva ao pensamento abstrato (generalização), desde a prática, portanto, o processo do conhecimento é o reflexo dos objetos e fenômenos da realidade na consciência humana incluindo a atividade transformadora e criadora do homem.

O fato dos estudantes terem tido essa percepção inicial dos conceitos, gera esperança de se alcançar um avanço na formação dos conceitos da termodinâmica.

Porém deve-se destacar, que como nessa fase trabalhou-se com os conceitos lembrados a cada encontro desde o primeiro dia da pesquisa com os alunos, era de se esperar que esse grupo pudesse compreender as questões nessa fase, pois o nesta etapa o nível de compreensão conceitual é igual ao da etapa anterior.

Na ação “construir o modelo físico” apenas dois estudantes (E-04 e E-07), não realizaram a tentativa de construção do modelo físico, obtendo o conceito suficiente. Quatro estudantes (E-01, E-02, E-03 e E-06), tentaram simular e elaborar os gráficos, porém de forma tímida e confundindo as informações, permanecendo com o conceito regular.

Na terceira ação (solucionar o modelo físico) apenas 03 estudantes foram classificados no conceito insuficiente (E-04, E-06 e E-07), os mesmos da etapa anterior e mais um estudante, não ousaram descobrir o caminho para encontrar a solução ao problema.

Na quarta ação, que é maior desafio da pesquisa, levar os estudantes a interpretar o resultado encontrado, pode-se chamar este de um dos maiores gargalos da disciplina de física, pois o objetivo nesta fase é levar o discente a aprender explicar, pois agora ele precisava explicar suas ações de forma independente (sem a ajuda do livro, do caderno, do

professor ou do colega), com referências conceituais aprendidas e não simplesmente definir os conceitos em si mesmo, para esta ação 67% dos estudantes foram classificados como insuficientes, pois estes alunos não conseguiram explicar corretamente o gráfico construído, sendo que apenas os estudantes (E-05, E-08 e E-09) arriscaram-se na explicação do resultado encontrado.

Destaca-se aqui, os estudantes (E-05, E-08 e E-09) que desde o teste diagnóstico saíram na linha de frente em relação aos demais alunos, e ainda na fase formativa II, continuam despontando como os estudantes que se destacam na internalização dos conceitos termodinâmicos estudados.

Portanto, até aqui percebe-se que as ações do professor permanecem com um certo nível de dependência que condiciona os seus alunos.

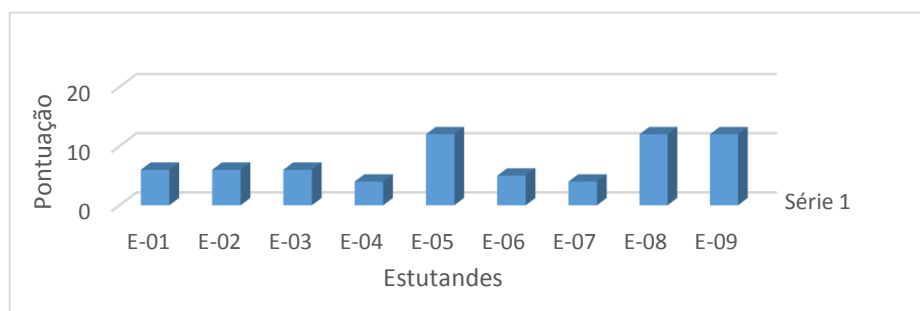


Gráfico 4: Pontuação discente na avaliação formativa II (Etapa Verbal externa).

Fonte: Autor da pesquisa

Olhando apenas o gráfico 04, sem atentar-se para uma análise ponto a ponto do que está posto na pesquisa, concluir-se-ia que o resultado está com um avanço significativo em relação as fases anteriores, o que não é mentira, porém, quando se analisa o objetivo da fase, percebe-se um caminho árduo ainda a ser percorrido. Posto isto, entende-se que além de saber ler e escrever, o aluno precisa saber interpretar o que está lendo. Este movimento cognitivo vai articular sua psique enquanto resolve uma situação problema.

O gráfico retrata o resultado desta fase e as suas implicações para a pesquisa, pois o processo de ensino da disciplina de física, exige a leitura, compreensão, interpretação e exposição de pensamentos sobre esta organização mental, e talvez a interpretação seja um entrave que contribui para que muitos estudantes tenham fuga da matéria.

Dando continuidade ao discurso e a análise, observa-se no gráfico subscrito, as tendências das avaliações diagnóstica, formativa I e II (prova de lápis e papel).



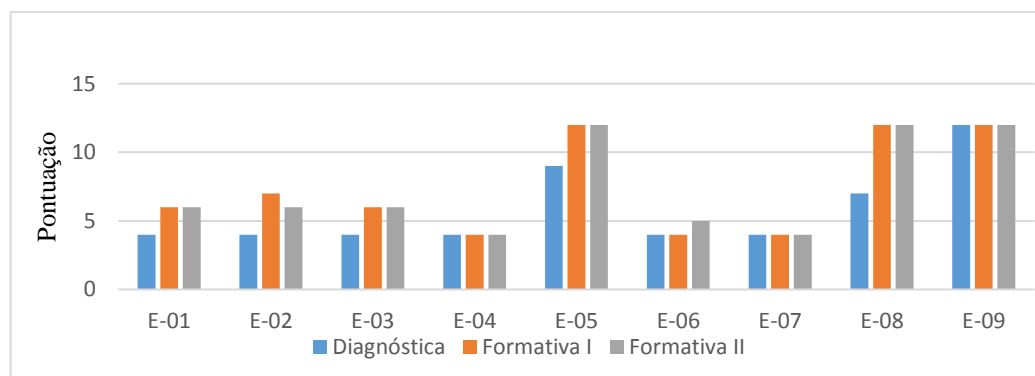


Gráfico 5: Pontuação discente na avaliação diagnóstica, formativa I e II.

Fonte: Autor da pesquisa.

O desempenho dos nove estudantes nas três avaliações realizadas, teve um progresso da prova diagnóstica até a prova formativa II, isso é perceptível no gráfico. Na prova diagnóstica, percebeu-se que dos 9 discentes apenas três deles (E-05, E-08 e E-09) conseguiram ficar acima do conceito irregular, arriscando-se no enfrentamento dos problemas propostos.

Já na fase formativa I, percebe-se que o número de estudantes que nem sequer arriscaram-se a resolver os problemas, permanecendo com o conceito insuficiente, diminuiu para três estudantes (E-04, E-06 e E-07), mostrando claramente uma melhora no rendimento do grupo. Enquanto que na fase formativa II, o número de estudantes que não conseguiram avançar nenhum degrau, diminuiu para apenas dois (E-04 e E-07).

Quando se efetua uma análise levando em consideração a ASPD, percebe-se um avanço significativo da prova diagnóstica para a prova formativa II, onde na diagnóstica apenas 33% dos estudantes compreendiam o enunciado do problema físico, já na prova formativa II 100% dos estudantes, conseguiram compreender o enunciado e souberam identificar do que se tratava a questão.

Ao olhar para a 4ª ação, nota-se que apenas 33% dos estudantes arriscaram-se na interpretação correta dos resultados, enquanto 77% nem se quer arriscaram. Aqui percebe-se a necessidade de avançar, porém é compreensível que os estudantes estejam “acostumados” com o ensino tradicional, onde o importante é responder à questão de maneira correta, não sendo valorizado, ou considerado, o que aquele resultado significa fisicamente falando, não devendo se considerar, nesse caso, um retrocesso no desempenho dos estudantes.

Na fase formativa II, os estudantes tiveram um avanço importante em todas as ações da ASPD, especialmente na segunda e na terceira ação, pois, no geral conseguem fisicamente, compreender os conceitos da termodinâmica para solucionar os problemas, porém apenas os

estudantes E-04 e E-07, dos nove, não compreende o método de ensino, que requer nesta etapa, uma “ação” no plano teórico em transição para generalização, todavia é detalhada e compartilhada.

### 3.9.4 Avaliação Final

Após novas sequências de intervenções pedagógicas utilizando a ASPD como metodologia de ensino no conteúdo de termodinâmica. Foi aplicada uma prova final, que se dividiu em duas etapas, escrita e oral, com objetivo de verificar a aprendizagem dos estudantes e determinar em que etapa mental o estudante chegou após a utilização da sequência didática.

Nesta fase da pesquisa, as ações (processos orientado, executado e controlado) estão avaliadas como ações mentais, pois nelas buscam os resultados de forma classificatória e satisfatória da atividade por meio das etapas mentais de Galperin e da direção do ensino de Talízma.

O produto que se busca neste processo é a transferência do externo para o interno, que os conceitos até então desconhecidos passem para o cognitivo dos estudantes, de maneira organizada, assimilada e sistematizada conscientemente de forma mental por eles.

Na tabela 09 apresenta-se o resultado da questão 01, na avaliação final.

Tabela 9: Avaliação Final (Generalizada).

Sujeito	1ª Ação	2ª Ação	3ª Ação	4ª Ação	TOTAL
	Compreender o problema	Construir o modelo Físico	Solucionar o modelo Físico	Interpretar a solução	Pontos
E1	B	B	R	I	8
E2	B	B	R	I	8
E3	B	B	R	I	8
E4	B	B	I	I	7
E5	B	B	B	B	12
E6	B	B	B	R	9
E7	B	R	I	I	7
E8	B	B	B	B	12
E9	B	B	B	B	12

Fonte: Autor da pesquisa.

A tabela revela uma evolução dos nove estudantes alunos em relação as fases anteriores da pesquisa. Deixa também, um quadro mais real das possíveis deficiências

apresentadas ao longo da pesquisa, permitindo o professor aferir com mais certeza onde deverá haver um reforço, onde deverá ser retroalimentado em cada discente participante da pesquisa.

O professor pesquisador conheceu com profundidade as dificuldades do seu grupo de alunos que mediante a observação e direção do processo (TALÍZINA, 1988) pode corrigir as distorções na aplicação do sistema ASPD na resolução dos problemas matemáticos que envolve conteúdo de frações de forma independente cognitivamente.

Segundo Majmutov (1983, p. 24, apud NETO, 2014) por independência cognitiva se entende a existência de uma capacidade intelectual no aluno e o desenvolvimento de habilidades para dividir os traços especiais dos secundários dos objetos, fenômenos e processos da realidade, e mediante a abstração e a generalização revelar a essência dos conceitos novos. Os indicadores de que existe a independência cognitiva são:

- A habilidade do aluno de alcançar, de forma independente, novos conhecimentos e diferentes fontes e a de adquirir novas habilidades e hábitos, tanto mediante à memorização, como através da investigação independente e das “descobertas”;
- A habilidade de empregar os conhecimentos, habilidades e hábitos adquiridos para a auto superação posterior;
- A habilidade de empregá-los em sua atividade prática para resolver qualquer tipo de problema apresentado pela vida. Para ele, essas qualidades do aluno estão condicionadas pela existência de um elevado nível de necessidade cognitiva e de interesse pelos conhecimentos, pela presença de motivos para a aprendizagem.

Busca-se introduzir tais indicadores nos estudantes, motivando-os a pensar. Percebe-se que no grupo de estudantes participantes da pesquisa, quanto as ações de 1ª a 3ª, não houve maiores dificuldades, pois de certa forma, tais ações já fazem parte do ensino tradicional, embora não seja ensinado como deve ser feito o uso dessas, indiretamente são introduzidas no ensino tradicional, porém 4ª ação, requer do aluno aquilo que ele não foi ensinado até então a buscar, que é uma interpretação do que ele acabou de encontrar, requer dele uma atividade mental, refletir, interpretar e pensar sobre. Segue abaixo gráfico que representa o resultado alcançado pelos estudantes na questão 01 da avaliação final.

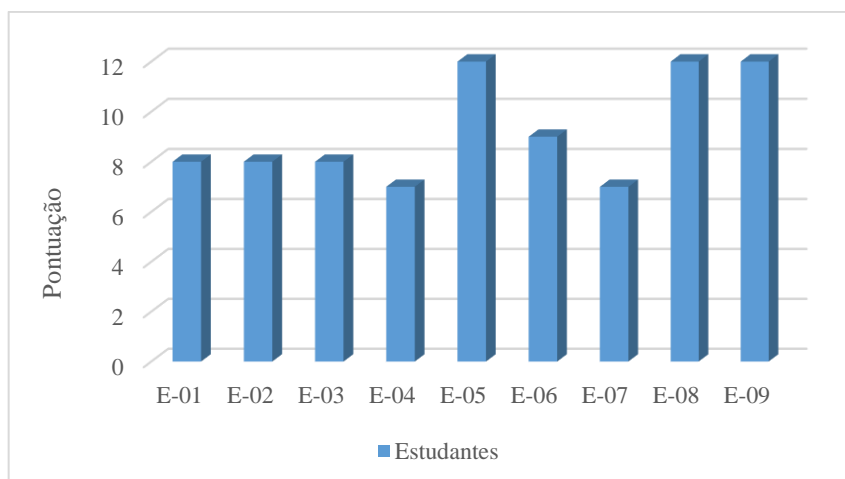


Gráfico 6: Pontuação discente na avaliação final (generalizada).

Fonte: Autor da pesquisa.

Percebe-se que nessa fase da pesquisa, apenas os estudantes E-04 e E-07, obtiveram o conceito insuficiente na 3ª ação, representando assim um percentual de 22% dos estudantes, mostrando ter sofrido um avanço em relação as etapas anteriores. Três estudantes E-01, E-02 e E-03, obtiveram o conceito regular para a 3ª ação, representando 33% dos estudantes participantes da pesquisa, ao comparar-se com as fases anteriores representou uma melhora significativa.

Quando se analisa a 4ª ação, fruto de maior interesse nessa fase da pesquisa, percebe-se quatro estudantes (E-05, E-06, E-08 e E-09), que chegaram a pontuar na ação, representando 44% dos estudantes que ultrapassaram a barreira da 3ª ação, porém desses quatro estudantes, o E-06, obteve conceito regular para ação. Apesar de ter obtido uma melhora significativa, percebe-se que os estudantes que apresentaram pontuação para a 4ª ação, são os mesmos que vinham se destacando nas fases anteriores da pesquisa, permanecendo um nível acima dos demais estudantes.

Nota-se ainda que 55% dos estudantes não conseguiram obter pontuação quando necessitou que eles utilizassem a mente para interpretar e pensar sobre os conteúdos estudados, o que traz uma reflexão para os pesquisadores, deixando claro que o grupo não conseguiu chegar a etapa mental apontada por Galperin.

Na tabela 10 apresenta-se o resultado da questão 02, na avaliação final, importante registrar que a turma foi dividida em três grupo com três componentes cada grupo, e que cada grupo teve a participação de todos, os registros foram feitos por meio de gravação de vídeo.



Figura 15: Grupo 01 apresentando isotérmica  
 Fonte: Autor da pesquisa

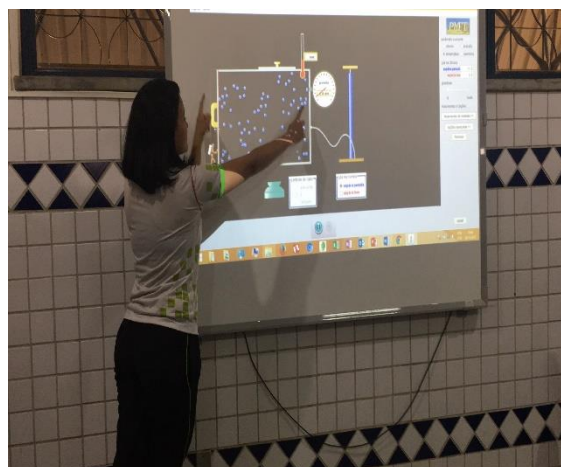


Figura 16: Grupo 01 simulando uma isotérmica  
 Fonte: Autor da pesquisa

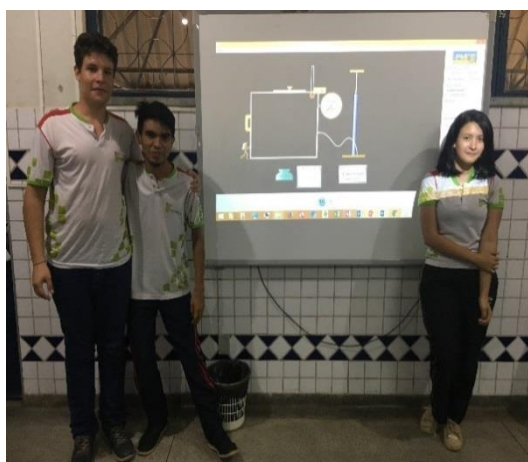


Figura 17: Estudantes participantes da pesquisa  
 Fonte: Autor da pesquisa



Figura 18: Grupo 01 simulando uma isotérmica  
 Fonte: Autor da pesquisa

Partindo dos parâmetros de análise estabelecidos no quadro 08, o grupo obteve um resultado expresso na tabela abaixo:

Tabela 10: Análise qualitativa dos resultados alcançados pelos grupos

Sujeito	Ação	Conceito	Pontuação
Grupo 01	Compreender o problema	B	11
	Resolver o problema	B	11
	Interpretar a solução	R	7
Grupo 02	Compreender o problema	B	11
	Resolver o problema	R	7
	Interpretar a solução	I	4
Grupo 03	Compreender o problema	B	12
	Resolver o problema	B	12
	Interpretar a solução	B	12

Fonte: Autor da Pesquisa.

Ao analisar-se os resultados de acordo com a tabela 10 percebe-se que os resultados obtidos na questão 02 da avaliação final, estão muito parecidos com os resultados da questão 01, apesar da diferença na apresentação do conteúdo e cobrança na avaliação.

Percebe-se que o grupo 03 obteve o melhor resultado, atingindo o conceito Bom para as três ações analisadas. Importante ressaltar que nessa questão, os grupos fizeram perguntas uns para os outros durante as apresentações, e o grupo que estava apresentando a sua transformação deveria responder ao que era perguntado. O grupo 03, foi o único que respondeu a todas as perguntas e questionamentos dos demais grupos, curiosamente o grupo 03, era composto pelos estudantes (E-05, E-08 e E-09), os mesmos estudantes que desde a fase diagnóstica demonstraram estar melhor preparado para operar durante a pesquisa.

O grupo 02 composto pelos estudantes (E-03, E-04 e E-07), apresentou dificuldades no momento de realizar a simulação no simulador de propriedade dos gases, apresentando dificuldades para explicar a simulação realizada por eles, além de não se arrisarem a responder as perguntas feita pelos colegas.

Já o grupo 01, formado pelos estudantes (E-01, E-2 e E-06) demonstrou segurança ao explicar o conceito da transformação isotérmica, e tranquilidade na hora de simular a representação da lei de Boyle, porém no momento de interpretar a simulação e relacionar o porquê do comportamento das variáveis, demonstraram dificuldades, porém não se equivocaram de arriscar respostas sobre o que foi questionado a eles.

Chega-se no computo das avaliações realizadas na pesquisa (diagnóstica, formativa I e II, final) organizando-se de forma que todas as ações da ASPD transitem de forma cíclica entre as etapas mentais da teoria de Galperin. Procurou-se elaborar um comparativo desde o diagnóstico, até a avaliação final, na perspectiva de se elencar melhores conclusões sobre o processo de ensino aprendizagem estudado na presente pesquisa.

Tabela 11: Provas de lápis e papel por etapas mentais e seminário.

Sujeitos	Provas de Lápis e papel por etapas mentais e seminário					
	Conhecimentos Prévios	Elaboração da BOA	Etapa Mental	Etapa Verbal	Etapa Verbal para si	Etapa Mental
	Diagnóstica	1ª - Avaliação formativa		2ª - Avaliação formativa		Avaliação Final
E-01	I		R		R	I
E-02	I		R		R	I
E-03	I		R		R	I
E-04	I		I		R	I
E-05	B		B		B	B
E-06	I		I		R	R
E-07	I		I		I	I
E-08	B		B		B	B
E-09	B		B		B	B

Fonte: Autor da pesquisa.

A análise dos dados expostos na tabela 11, seguem um direcionamento apontado por Mendoza e Tintorer (2013, p. 309) que ensinam que, para refletir sobre o processo de aprendizagem pode-se utilizar as provas de lápis e papel a partir de categorias da Atividade de Situações Problema Docentes e do processo de assimilação na perspectiva de Galperin. Sendo realizado apenas na avaliação final, além da prova de lápis e papel, um seminário visando ter mais dados para chegar a um melhor resultado quando a etapa mental.

Tal análise, permite que seja possível verificar que os discentes participantes da pesquisa, tiveram um melhora significativa do início para o final, com exceção do estudante E-07 que apresentou dificuldades do início ao fim do processo, embora tenha tido picos de melhoras para as ações de 1 a 3, no geral, não se avançou como era esperado, os demais estudantes, conseguiram demonstrar crescimento na resolução de problemas de termodinâmica.

Na primeira etapa da prova diagnóstica, as informações coletadas sinalizaram um cenário não muito favorável ao que se esperava ao se analisar o resultado da prova de lápis e papel, pois 67% dos estudantes apresentaram dificuldades nas questões que envolviam as quatro ações da ASPD. Fato que ao longo da pesquisa, conseguiu-se mesmo que de forma ainda tímida, observar crescimento por parte de 90% dos estudantes quando compara-se o conhecimento prévio com a avaliação final, fato que fica claro no gráfico 07.

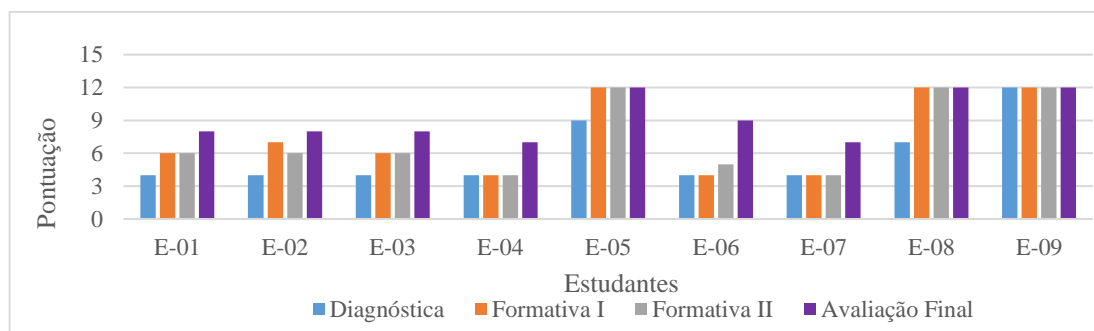


Gráfico 7: Pontuação discente na avaliação diagnóstica, formativa I, II e final.

Fonte: Autor da pesquisa.

### 3.9.5 Questionário Aplicado ao Final da Pesquisa

Afim de se obter um retorno por parte dos estudantes, elaborou-se um questionário ao final da pesquisa, que visava oportunizar a eles a fala sobre a contribuição que a pesquisa proporcionou a eles, ou ainda se não contribuiu, e etc. O questionário que foi aplicado segue no quadro 11.

Quadro 11: Questionário final passado aos estudantes

<b>QUESTIONÁRIO FINAL</b>
1. A utilização do simulador de propriedades dos gases ajudou você a compreender melhor o conteúdo de termodinâmica? Por que?
2. Em algum momento das aulas, você necessitou do simulador para resolver algum problema?
3. A pesquisa que você está participando, contribuiu para melhor rendimento em alguma disciplina regular do seu curso?
4. Qual a maior dificuldade enfrentada durante a aplicação das pesquisas?
5. Em sua opinião, qual das estratégias abaixo é melhor para assimilação dos conceitos estudados?
a) Exposição do conteúdo no quadro branco e exercícios?
b) Exercitar o conteúdo por mais tempo?
c) Expor o conteúdo e utilizar simuladores que ajudem a compreender o conceito?
d) Nenhuma das alternativas?
6. Durante as aulas e atividades de termodinâmica, o que foi mais facilitador para resolução de problemas?

Fonte: Autor da pesquisa.

A primeira e segunda questões buscaram respostas quanto a utilização do simulador de propriedade dos gases, se esse instrumento contribuiu de alguma forma para ajudar os alunos assimilar o conteúdo de termodinâmica, e resolver os problemas propostos a partir da prova formativa II. Segue no quadro abaixo as respostas na íntegra dos alunos.



Quadro 12: Respostas dos estudantes na primeira e segunda questão.

SUJEITO	RESPOSTA Q-01	RESPOSTA Q-02
E-01	Sim, pois ajudou a entender a teoria.	Sim.
E-02	Sim, Por que com um novo meio de resolver e compreender mais a matéria e o assunto.	Sim, para resolver gráficos.
E-03	Sim, pois mostra o comportamento das moléculas.	Sim, nas aulas do projeto.
E-04	Sim. Pois utilizando simuladores fica bem melhor. Em vez de ficarmos só na teoria, podemos ver e por o assunto em prática.	Sim.
E-05	Sim, pois podemos ver a prática da teoria no software.	Sim.
E-06	Sim, pois pude ver em prática o conteúdo, podendo visualizar o que foi aprendido.	Sim.
E-07	Mais ou menos, porque eu sou meio desligado em alguns assuntos.	Sim.
E-08	Sim, consegui aprender de uma forma mais dinâmica o que garantiu uma melhor aprendizagem.	Sim, logo no início.
E-09	Sim, porque tive a noção dos gases.	Sim, na hora de calcular volume por cada pressão.

Fonte: Autor da pesquisa.

Legenda: E = Estudante; Q= Questão

Percebe-se que quase 100% dos estudantes participantes da pesquisa, foram objetivos ao responderem sobre o instrumento utilizado para os auxiliar na resolução de problemas, apenas um estudante (E-07) respondeu que a utilização do simulador o ajudou “mais ou menos”, em seguida ele relata a sua dificuldade em compreender alguns conteúdos, porém esse mesmo estudante na segunda questão, reconhece a importância da utilização do simulador para resolver os problemas estudados na pesquisa.

As respostas dos estudantes, vão de encontro a afirmação de Tavares (2004),

Uma animação se caracteriza por mostrar a evolução temporal de um dado evento e se presta de maneira exuberante para a exposição de fenômenos que se apresentam ntrincados para aqueles alunos que não têm uma percepção visual aguçada ou uma capacidade de abstração sofisticada. Como acontece no modo tradicional, maiores meios para extrair informações, de aspectos que poderão ser favoráveis ao alcance do objetivo proposto, que é a melhor aprendizagem. (TAVARES, 2004).

Os discentes relataram que o simulador proporcionou a eles uma oportunidade de visualizar o fenômeno físico estudado, ampliando sua compreensão do conteúdo, que sem a utilização da simulação não seria possível fornecer maiores detalhes do comportamento físico, mesmo que de forma virtual.

A terceira questão preocupa-se com a interdisciplinaridade, uma vez que foi trabalhado ao longo da pesquisa, estratégias para resolução de problemas, que são aplicáveis a outras áreas do conhecimento, não somente a disciplina de física. E ainda tem o objetivo de buscar um retorno se na disciplina específica de física, surtiu alguma mudança em relação aos conteúdos trabalhados na pesquisa.

Quadro 13: Respostas dos estudantes na terceira questão.

SUJEITO	RESPOSTA Q-03
E-01	Sim, na disciplina de física.
E-02	Sim.
E-03	Sim, física.
E-04	Sim.
E-05	Sim, pois me ajudou na matéria de física.
E-06	Sim, física 2.
E-07	Sim, física.
E-08	Sim.
E-09	Contribuiu, pois ajudou a acelerar os assuntos atrasados.

Fonte: Autor da pesquisa.

Legenda: E = Estudante; Q= Questão

A intenção da terceira pergunta, era compreender se os estudantes haviam conseguido generalizar o conhecimento adquirido na pesquisa, afim de aproveitar as estratégias ensinadas para o enfrentamento de problema, nas demais áreas do conhecimento que este estavam estudando ao mesmo tempo. Apesar de 100% deles responderem que sim, relataram que o conteúdo da pesquisa só os ajudou na própria disciplina de física, não conseguindo levar para as demais áreas, entretanto, cabe destacar, que a ajuda na disciplina de física, não se limitou ao conteúdo de termodinâmica, mais sim nos conteúdos posteriores ensinados pelo docente titular da disciplina na instituição.

A quarta questão oportuniza os estudantes a apontarem qual foi a maior dificuldade enfrentada por eles durante o andamento da pesquisa, se existiu alguma, afim de obter um retorno sobre qual prática deverá ser adotada em uma aplicação futura da pesquisa ou até mesmo continuidade, para amenizar tais dificuldades.

Quadro 14: Respostas dos estudantes na quarta questão.

SUJEITO	RESPOSTA Q-04
E-01	O tempo.
E-02	Resolver e passar para o simulador.
E-03	A minha presença.

SUJEITO	RESPOSTA Q-04
E-04	O tempo era um pouco pesado.
E-05	Utilização de gráficos.
E-06	Pouco tempo.
E-07	Com certeza os exercícios com gráficos, que é uma grande dificuldade minha.
E-08	Pouco tempo.
E-09	Interpretar as questões.

Fonte: Autor da pesquisa.

Legenda: E = Estudante; Q= Questão

Na quarta questão percebe-se que 44% dos estudantes apontaram o fator tempo como uma dificuldade enfrentada por eles, pois julgaram que o tempo dedicado para a aplicação da pesquisa foi pouco e necessitava de uma carga horária maior. Cabe destacar que foram dedicadas 20h aula para a aplicação da pesquisa e cada encontro com os discentes tinham duração mínima de 1:30h, o que está bem acima do tempo disponibilizado para a disciplina de física no ensino médio integrado, pois o docente precisa ensinar uma rama de conteúdo muito extensa em um intervalo de tempo menor.

Percebe-se também que 22% dos estudantes apontaram que a maior dificuldade deles foi o desafio de trabalhar com gráficos, o que nos resultados revela um percentual maior de estudantes com baixo rendimento no quesito interpretação de gráficos. Um estudante apontou problema em interpretar o enunciado da questão, compreender o problema, e um outro ainda apontou como sua maior dificuldade o fato de utilizar o simulador.

A quinta questão busca compreender o que mais ajudou os alunos (se existiu algo) na compreensão do conteúdo de termodinâmica, dando as opções utilizadas pelo pesquisador durante a pesquisa com os estudantes.

Quadro 15: Respostas dos estudantes na quinta questão.

SUJEITO	RESPOSTA Q-05
E-01	Letra (c)
E-02	Letra (c)
E-03	Letra (c)
E-04	Letra (c)
E-05	Letra (c)
E-06	Letra (c)
E-07	Letra (c)
E-08	Letra (c)
E-09	Letra (b)

Fonte: Autor da pesquisa.

Legenda: E = Estudante; Q= Questão

Na quinta questão 100% dos apontaram que o simulador Phet de propriedade dos gases, foi um facilitador deles para resolver os problemas de termodinâmica, casando com o que Antônio e Castello (2007) defendem “ambientes computacionais podem ser uma alternativa de auxílio ao processo de ensino aprendizagem, pois facilitam a assimilação dos alunos dos conteúdos ministrados e tornam esses processos mais dinâmicos, ágeis e prazerosos”.

A sexta questão tem por finalidade obter um retorno sobre aquilo que os estudantes julgam ser o fator que mais contribuiu para ajuda-los a assimilar o conteúdo de termodinâmica e trabalhar com a resolução de problemas envolvendo o assunto.

Quadro 16: Respostas dos estudantes na sexta questão.

SUJEITO	RESPOSTA Q-05
E-01	A utilização do simulador
E-02	O simulador ajudou muito
E-03	A forma de compreender o problema e resolver.
E-04	O que mais facilitou para resolução dos problemas foi o simulador.
E-05	Fazer os experimentos no simulador facilitava muito.
E-06	Colocar as fórmulas no quadro.
E-07	O software.
E-08	A ajuda do professor, o tempo dedicado aos estudos e o software utilizado para visualização.
E-09	Foi as estratégias para resolução de problemas docentes ensinadas pelo professor.

Fonte: Autor da pesquisa.

Legenda: E = Estudante; Q= Questão

Na sexta questão, embora 55% dos estudantes apontaram o simulador como um dos facilitadores na compreensão do conteúdo, chama-se atenção para o estudante (E-09) que respondeu ter sido as Estratégias de Resoluções de Problemas Docentes juntamente com a ASPD que facilitaram a sua vida durante o estudo do conteúdo, ainda em conversa com esse estudante, o mesmo relatou que essa estratégia o ajudou nas demais disciplinas e que tinha passado a adotá-la como sua melhor maneira para encarar os problemas.

Ainda vale um destaque para o estudante (E-06), que relatou ter sido a disponibilização das fórmulas no quadro, que contribuíram para sua aprendizagem, embora o discente tenha feito tal relato, o mesmo não obteve bons resultados durante as fases da

pesquisa. Cabe ressaltar que, o objetivo da pesquisa não foi incentivar os discentes a memorizar fórmulas, e que por esse motivo, todas as fórmulas utilizadas desde o diagnóstico para determinar o nível de partida, até a avaliação final, foi disponibilizada no quadro, porém os resultados mostram que nem por esse motivo, o desempenho desses alunos melhorou, o que nos permitiu inferir que a memorização de fórmulas não determina se o estudante assimilou ou não o conteúdo.

### **3.9.6 Análise da ASPD e Processo de Assimilação**

Segundo Galperin (1967, p. 274-275), o processo de internalização da atividade mental externa para interna constitui-se um ciclo cognitivo único, que podem ser estudados separadamente por quatro parâmetros, onde se encontram as cinco etapas da teoria elencadas.

Segundo Puentes e Longarezi (2013) apud Neto (2015, p. 41),

No processo de internalização, pode-se distinguir a “orientação” e a “execução” da ação. A “base orientadora da ação” é uma concepção prévia da ação que se realizará, um modelo da atividade que o professor apresenta como mediação semiótica e pode ser de vários tipos (p. 38).

Para de Talízina (2000, p.147), “a particularidade mais importante do processo da assimilação é dada pelo fato de que a atividade cognoscitiva e os conhecimentos introduzidos nessa atividade tornam-se generalizados e propriedade da mente, não de forma imediata, mas passando por uma série de etapas específicas”.

Porém ambos os pesquisadores têm em comum o consenso que assimilação do novo conhecimento e habilidades desenvolvidas se dá por etapas, ou seja, da passagem da experiência social para a experiência individual.

Para Mjmutov (1983) o conhecimento vai evoluir, deixando de ser apenas sensação tornando-se conceito, obedecendo três etapas: 1) as observações e experiências; 2) reelaboração lógicas dos dados sensoriais e a abstração dos objetos concretos ou de suas características; e 3) generalização e dedução lógica do conceito geral.

Feitas as considerações iniciais do processo de assimilação, passa-se a verificar como se deu durante a aplicação da pesquisa, a internalização dos conceitos estudados, seguindo as cinco etapas apontadas por Galperin.

- **Primeira Etapa – Construção da Base Orientadora da Ação**

Etapa onde os estudantes recebem as explicações necessárias a respeito do objetivo da ação. É a etapa onde se identifica o conhecimento prévio da ação e das condições de sua realização.

Nesta etapa, o estudante descobre o conteúdo da BOA; é introduzido o objeto de estudo; se mostra aos estudantes como, e em que ordem, se realiza os três tipos de operações que formam a ação: orientadora, executora e de controle. A atividade do professor nesta etapa consiste na interiorização de suas ações mentais, as apresenta aos estudantes na forma material ou materializada. (CHIRONE, 2016, p.28).

O resultado dessa etapa diz muito sobre o prosseguimento metodológico da pesquisa, é onde o pesquisador verifica se os estudantes possuem a habilidade necessária para a introdução do conceito a ser estudado. Nesta etapa, percebeu-se que o nível do grupo de estudantes participantes da pesquisa, estava aquém do esperado. Os estudantes participantes da pesquisa deveriam ter proficiência no conteúdo de termodinâmica, uma vez que foi visto por eles, há pouco, e se tratou de questões básicas do conteúdo trabalhado.

Devido ao resultado obtido, onde as dificuldades ficaram claras, elabora-se como objetivo de ensino, a BOA (concreta, completa e preparada) na forma material/materializada com dependência do estudante em nível de partida. Esta fase teve duração de três horas-aulas, no “aprender fazer”.

Confirma-se nesse sentido a necessidade emergente de se fazer um planejamento, que contemple essas dificuldades identificadas no momento inicial, afim de possibilitar ao grupo o conhecimento prévio necessário para o prosseguimento da pesquisa.

Segundo Neto (2014) “o planejamento da formação da ação mental e dos conceitos, é quem determina a qualidade da ação”, e esta ação será realizada por meio de operações que permitiram o estudante ter acesso as características essenciais do conceito, buscando a atenção do estudante no próprio ato de pensar durante o processo de sua formação.

Segundo Talízina (2000, p.149) o estudante, antes de fazer qualquer atividade, deve ter clara compreensão do que vai fazer, com possibilidades de argumentar as ações em conformidade com a atividade que vai desenvolver, como condição essencial para uma aprendizagem efetiva.

O resultado obtido no nível de partida, foram essenciais para a elaboração da proposta de ensino e o desenvolvimento do conteúdo termodinâmica, a partir da Atividade de Situações Problema Docente, porém como demonstra o resultado, identificou-se que o grupo de estudantes necessitava retornar o conteúdo para internalizar os conceitos essenciais para

prosseguimento com a resolução de problemas de termodinâmica com auxílio do simulador Phet.

Tabela 12: *Base Orientadora da Ação*

Base Orientadora da Ação						
Característica da BOA (Grau e Modo)	Generalização  Plenitude  Obtenção	Invariante Conceitual	Contexto da Situação Problema	Atividades	Invariante Procedimental	Categoria de Análise
		Conceitos da Termodinâmica	Trabalhou-se com problemas heurísticos envolvendo o cotidiano dos estudantes.	Operações direcionadas que levaram o estudantes a responder ao objetivo.	Conteúdos da termodinâmica ensinados por meio de problemas resolvidos através da ASPD	Ações da ASP

Fonte: Adaptado de Neto (2014).

Portanto a BOA construída nessa fase é do tipo específica, completa e preparada. Os conceitos da primeira lei da termodinâmica foram desenvolvidos a partir de Atividade Situações problema Docente – ASPD.

#### ▪ Segunda Etapa – Material e Materializada

A segunda é a etapa da formação da ação na sua forma material (aulas práticas com objetos concretos, ou seja, uma ação prática) ou materializada (aulas teóricas com definição de conceitos e exemplos de possíveis aplicações), isto é, com objetos reais ou suas representações. Aqui a ação se realiza de forma detalhada segundo cada operação e, em cada uma desta, a orientação e o controle se realizam de acordo com o conteúdo e não só com o resultado.

As tarefas realizadas nesta etapa consideraram uma orientação sobre a ação a ser assimilada que realiza-se pelo próprio estudante, na manipulação dos objetos ou suas representações, que no caso da pesquisa em tela, se trata da manipulação de uma representação por meio do simulador Phet propriedade dos gases.

Nessa fase os estudantes não necessitam memorizar fórmulas e procedimentos, precisam apenas prestar atenção ao que está sendo orientado e exercitar conforme orientado. São trabalhados vários exemplos de um mesmo conteúdo, possibilitando ao estudante adquirir a condição essencial para ser submetido a avaliação formativa I.

Neste nível, seis (E-01, E-02, E-03, E-05, E-08 e E-09) estudantes tentaram enfrentar os problemas através de tentativas de “acertos e erros” na ação solucionar o modelo matemático. No entanto, apenas três (E-05, E-08 e E-09) conseguiram obter conceito bom

para essa ação, os demais confundiam as informações, por apresentarem terem apresentado alguma deficiências nas ações anteriores, os estudantes (E-04, E-06 e E-07), não conseguiram compreender o problema, obtendo conceito insuficiente.

Embora observe-se um crescimento em relação ao diagnóstico, percebe-se que a etapa permite que seja acessado um sinal de alerta para os muitos desafios ainda presentes nessa fase, embora os estudantes que tenham ido bem na etapa anterior, permaneceram na formativa I, percebe-se que apenas 33% dos estudantes, conseguem responder de forma implícita.

Os resultados indicam as habilidades e os conteúdos que eles demonstram ter aprendido, ao responderem problemas de termodinâmica envolvendo conceitos como trabalho, energia interna, estudo dos gases, conceito de calor, dentre outros. Os problemas abordavam em geral, questões de livro didático, internet e questões elaboradas pelo pesquisador a partir do cotidiano dos estudantes. Para esta etapa foram necessárias quatro horas-aulas no “saber-fazer”.

#### ▪ **Terceira Etapa – Ação Verbal externa**

A formação da ação como verbal externa é a terceira etapa, onde todos os elementos da ação estão representados na forma verbal externa, a ação é generalizada, mas não automatizada nem reduzida.

Foi elaborado com os estudantes um diálogo, sobre o conteúdo estudando, oportunizando a eles relatarem o seu entendimento sobre o assunto de forma verbalizada, tendo em vista que nessa etapa a ação se realiza em “voz alta”. Esse processo contou com o auxílio do software Phet propriedade dos gases, onde os estudantes tinham contato com o simulador e expressavam o seu entendimento até o momento do assunto. Nesta fase apenas os estudantes (E-05, E-08 e E-09) avançaram para a próxima etapa, demonstrando ter uma tímida independência da do simulador durante a ação. Os demais estudantes demonstraram a necessidade de reforço nos conceitos.

As gravações dos áudios e em alguns momentos os vídeos das aulas, permitiram o pesquisador fazer uma releitura do tempo e do modo de realização das tarefas no processo de formação das ações mentais de forma individualizada, permitindo manipular os dados melhor, e compreender o andamento na obtenção dos conceitos estudados de forma individualizada.

Na realização da prova formativa II, nenhum estudante conseguiu explicar de forma verbalizada os conceitos da termodinâmica. Na análise desta avaliação, infere-se que, sem o apoio da representação (Simulador) materializadas a ação não se realizava. Segundo Longarezi e Puentes (2013, p. 297 apud NETO, 2014, p.141) esta é uma “[...] etapa de



raciocínio da atividade, que se executa segundo o sistema de operações, de forma detalhada, sendo cada operação orientada e controlada pelo estudante de acordo com o conteúdo e não só com o resultado”.

Embora o resultado tenha demonstrado que os estudantes não conseguiram explicar os conceitos estudados até então, não permiti concluir que estes estudantes não assimilaram nada do conteúdo de termodinâmica até essa fase, mais permiti inferir que estes estudantes necessitam se retroalimentados para que alcance o mínimo exigido na próxima fase. Esta etapa demandou seis horas-aulas, no “saber explicar”.

#### ▪ **Quarta Etapa – Linguagem externa para si.**

A quarta etapa, a etapa da formação da ação na linguagem externa “para si”, se distingue da anterior porque a ação se realiza em silêncio, sem escrevê-la: como interpretação interna. “No início a ação, de acordo com as outras características (o caráter desenvolvido da consciência e da generalização), não é diferente da etapa anterior. Adquirindo a forma mental, a ação começa a reduzir-se e automatiza-se rapidamente” (CHIRONE, 2016, p.28).

Segundo Galperin (2013c, p. 445) nesta etapa “[...] A tarefa de comunicação é substituída pela tarefa de reflexão e “falar para si” se converte em um meio não de transmissão de pensamento ao outro, mas da transformação do mesmo em um objeto para melhor análise”.

Aqui os estudantes são impelidos a internalizar os conceitos de forma que possam conseguir transferi-los para novas situações problemas a partir daquilo que já foi adquirido por eles. Os resultados desta fase, se deram a partir de uma avaliação realizada pelos estudantes, onde eles necessitariam de forma abstrata, construir hipóteses e com o auxílio do simulador testar tais hipóteses, a partir das situações problemas docentes apresentados na avaliação.

A pesquisa revela que os estudantes, no geral, não conseguiram assimilar os conceitos e nem transmitir a novas situações problemas a partir dos conceitos até o momento visto por eles. Ao se deparar com a situação-problema, o estudante tende a fugir, e essa fuga se deu na pesquisa de várias maneiras, (“ir ao banheiro”, “tomar água”, “não entendi nada, explica de novo, ainda não consegui entender”, etc) ficando nítida a dificuldade enfrentada por eles.

Contudo, ressalta que 33% dos estudantes (E-05, E-08 e E-09) explicaram as resoluções de problemas, com erros pontuais, passíveis de uma leve correção, 55% responderam erroneamente os problemas de forma escrita, outros 33% não expressaram resposta nenhuma. Esta etapa demandou quatro horas-aulas, no “saber aplicar”.

### ▪ Quinta Etapa – Linguagem interna (mental)

5ª formação da ação na linguagem interna. Nesta etapa a ação adquire, muito rapidamente, um desenvolvimento automático, se torna inacessível à auto-observação. Agora se trata do ato do pensamento, onde o processo está oculto e se abre à consciência só o produto deste processo; “na ação mental formada quase todo o seu conteúdo real se abandona à consciência, o que fica nela não pode ser compreendido corretamente sem a relação com os outros” (GALPERIN, 1959).

Nesta etapa, a ação se reduz, sem ser detalhada no sistema da ASPD, como nas anteriores, aqui buscou-se verificar a automatização dos conceitos pelos estudantes por meio da apresentação de um seminário, onde eles deveriam explicar sem o auxílio de meios externos, somente do simulador, os conceitos estudados ao longo da pesquisa.

Os estudantes E-05, E-08 e E-09, apresentaram um desempenho interessante na assimilação do conceito, esse fato fica evidente na análise dos resultados desse grupo, onde o grupo conseguiu obter o conceito Bom para as categorias analisadas nesta avaliação. Os estudantes E-01, E-2 e E-06 apresentaram, de acordo com o seminário que o grupo trabalhou, resultados razoáveis, os demais não conseguiram pontuar de forma relevante nesta fase. Pode-se inferir que devido, ser um instrumento novo para a disciplina trabalhada, o trabalho com simulação ser novidade para 80% dos estudantes participantes da pesquisa, e grau de complexidade dos problemas nesta etapa, tenha dificultado a sua resolução. Esta etapa demandou duas horas, no “dominar o conceito” e contextualizar a sua explicação.

O gráfico 08, revela uma análise geral do comportamento dos estudantes ao longo da pesquisa, o que permiti efetuar algumas análises, e possibilitar a continuidade da pesquisa visando identificar novos comportamentos e resultados.

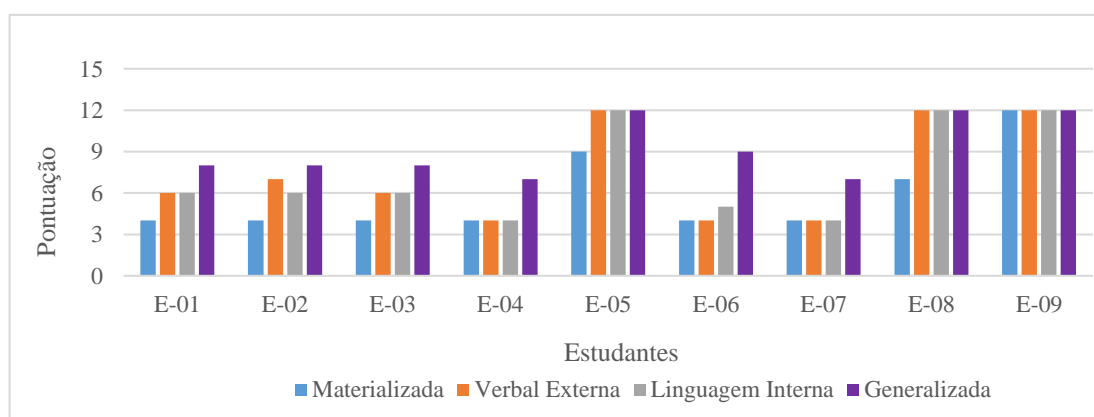


Gráfico 8: Desempenho Geral dos estudantes.

Fonte: Autor da pesquisa.

Percebe-se que no geral, os estudantes sentiram dificuldades com metodologia utilizada na pesquisa, diferente daquelas que eles estavam acostumados e adaptados ao longo dos anos na educação básica, porém o “novo” jeito de transmitir os conteúdos de termodinâmica, por meio de problemáticas, levando em consideração as ASPD e a utilização de representações (simulador) se mostrou uma ferramenta bem aceita por todos os estudantes participantes da pesquisa, essa afirmação fica claro na análise do questionário final. Apesar do feed back positivo por parte dos alunos, é perceptível no resultado da pesquisa, expressam uma melhoria tímida ainda daquilo que deseja-se buscar.

Observa-se que, os a aluno (E-01,E-02,E-03, E-04, E-06, e E-07) iniciaram o processo apresentando dificuldades quanto ao método de ensino proposto, porém, mesmo que de forma quase imperceptível, nota-se que avançaram entre as etapas verbal externa e linguagem interna, com aproveitamento bem abaixo do desejado, por fatores diversos, dentre eles o de não compreender os procedimentos das ações e a familiarização com simuladores. Já os estudantes (E-05, E-08 e E-09) mantiveram um aproveitamento diferenciado em relação aos demais discentes, pois já tinham maior proximidade com as disciplinas exatas, e interesse pelos conteúdos de Física.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As abordagens realizadas no desenvolvimento da pesquisa demonstraram a importância da utilização do software: propriedade dos gases nas Atividades de Situações Problemas Docente como metodologia de ensino, além de demonstrar a influência positiva das teorias de formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de Galperin, de direção da atividade de estudo de Talízina e de ensino Problematizado de Majmutov na capacidade de resolução de problemas de termodinâmica pelos estudantes do 2º ano do ensino médio integrado ao técnico do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Roraima.

A pesquisa traz resposta a cada objetivo específico, onde o cumprimento do primeiro deu-se através da realização da prova diagnóstica de lápis e papel, na qual diagnosticou-se as necessidades básicas dos alunos em relação ao que deveriam saber para trabalhar com problemas de termodinâmica. A Prova Diagnóstica mostrou que os estudantes se encontravam em nível de partida ruim, devendo ser retroalimentado para se prosseguir com o conteúdo. A partir de então, foi possível criar uma sequência didática, planejada na formação dos conceitos de termodinâmica e resolução de problemas do conteúdo.

Após a obtenção dos conceitos necessários para prosseguimento do conteúdo, iniciou-se a 1ª Etapa do processo de assimilação do conteúdo, o pesquisador promoveu a participação ativa dos estudantes na construção da Base Orientadora da Ação, tirando dúvidas e explicando os objetivos ponto a ponto.

Na 2ª etapa (material/materializada) as ações do pesquisador foram semelhantes às realizadas na 1ª etapa, acrescentando-se maior número de atividades e realizações de exercícios, afim de possibilitar a materialização dos participantes, uma vez que sem tal materialização não seria possível fazer a utilização do software na próxima etapa, pois o software exige que os estudantes tenham conhecimento das propriedades dos gases ideais.

Na 3ª etapa (verbal externa), a inclusão do software, possibilitou ao pesquisador uma abordagem ampla a partir das dúvidas apontadas pelos próprios discentes, onde verbalizavam o problema percebido por eles, ao efetuarem uma determinada simulação. Foi possível nessa etapa, permitir que os discentes atuassem mais do que o pesquisador, deixando-os à vontade para descobrirem conceitos novos a partir da utilização do software. Os resultados da prova formativa foram os melhores alcançados durante a pesquisa, o que garante aos pesquisadores o sucesso da ferramenta utilizada a partir dessa fase, foi onde se conseguiu obter as melhores

médias da pesquisa em todas as ações da ASPD. Porém, apesar do bom resultado, considerou-se ainda longe do desejado para a etapa.

Diante de uma das características da 4ª etapa (linguagem externa para si) onde o professor deve organizar novas situações de acordo com a zona de desenvolvimento proximal, o software trouxe possibilidades que o pincel e quadro branco não trazem, possibilitando efetuar a discussão do conteúdo a partir do que cada estudante conseguiu absorver ao longo da pesquisa.

Na 5ª etapa os estudantes transferem o conceito de termodinâmica com mais rapidez e eficiência e raramente solicitam orientações do professor, é a etapa da linguagem interna, na qual se encontram 3 estudantes, dos 09 que participaram da pesquisa. Demonstrando que os estudantes não conseguiram, em sua maioria, obter as habilidades necessárias para a resolução de problemas de termodinâmica mentalmente.

Foi possível determinar a etapa em que os estudantes conseguiram chegar, efetuando-se o controle e análise de cada instrumento utilizado nas fases da pesquisa, onde percebeu-se que os estudantes se encontravam em diferentes etapas do processo de assimilação, demonstrando que cada estudante respondeu de forma diferente a formação dos conceitos, e esses se detinha em níveis diferentes, pois alguns só resolviam as questões com o material de apoio (Etapa materializada), outros através do raciocínio em voz alta (Etapa da ação verbal externa) e uma minoria executava mentalmente alguma ação com o conceito de termodinâmica (Etapa da ação verbal interna).

Como produto desta pesquisa sugere-se ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, um modelo educacional a partir da efetividade da BOA para resolução de problemas de termodinâmica, por acreditar que as atividades desenvolvidas no decorrer da pesquisa aqui apresentada contribuíram efetivamente para obtenção de resultados que permiti apontar avanço quanto a resolução de problemas no conteúdo de termodinâmica, pelos envolvidos na pesquisa.

Os estudos realizados durante a pesquisa apontam para necessidade de se continuar pesquisando as relações entre as etapas e ações mentais de Galperin e os Níveis de Ensino Problematizador de Majmutov.

Implicações para futuras investigações: Como contribuir para que os estudantes do 2º ano do ensino médio, resolvam problemas de termodinâmica? Para responder a esta pergunta é necessário considerar alguns pontos:

- O que é um problema?

- Qual a contribuição de tal habilidade para os estudantes?
- Porque eles necessitariam resolver problemas?
- Qual é o tempo necessário para o estudante se autodesenvolver no ensino através da Atividade de Situação Problema Docente em física?
- Como pode ser dirigido esse processo?

Fica a reflexão de que ainda existe um caminho a ser percorrido, e que os instrumentos utilizados na pesquisa, desde as teorias até o simulador, mostraram-se potenciais a serem considerados na busca por novos resultados e conclusões. Ainda há muito o que se investigar, porém exige-se um tempo maior de pesquisa e observação, o que no programa de mestrado não é possível, devido a sua duração de 24 meses, porém sugere-se a continuidade da investigação em futuras pesquisas, visando responder, até que ponto, a experimentação, seja ela virtual ou material, pode ser uma aliada para a assimilação de conceitos de termodinâmica que ajudarão os estudantes a enfrentarem problemas desse conteúdo?

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela e MOREIRA, Marco Antonio (2007) simulações computacionais na aprendizagem da lei de gauss para a eletricidade e da lei de ampère em nível de física geral. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6, Nº3, 601-629 (2007).

ASSUNÇÃO, de Jenefer Araújo (2015). A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO METODOLOGIA DE ENSINO NO CONTEÚDO DE FUNÇÃO AFIM FUNDAMENTADA NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.

BACHELARD, Gaston. A Filosofia do Não. São Paulo: Abril Cultura, 1974 (Col. Os Pensadores).

\_\_\_\_\_. A Formação do Espírito científico. Rio de Janeiro: Contratempo, 2005.

\_\_\_\_\_. A intuição do instante. São Paulo: Verus Editora, 2007.

\_\_\_\_\_. A Poética do Espaço. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

\_\_\_\_\_. O Ar e os Sonhos. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

\_\_\_\_\_. O Novo Espírito Científico. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.

ALMEIDA, M E de. Informática e formação de professores. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

BASSAN, L. H.; Teoria da Formação das Ações Mentais por Etapas, de P. Galperin, e o Processo de Humanização. 2012. 113f. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Marília – UNESP, 2012.

BASSO, M. (2003) “Espaços de Aprendizagem em Rede: Novas Orientações na Formação de Professores de Matemática”. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003, 412f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Pgie, Ufrgs, Porto Alegre.

BORGES NETO, H. Uma classificação sobre a utilização do computador pela escola. Revista Educação em Debate, ano 21, v. 1, n. 27, p. 135-138, Fortaleza, 1999.

BRASIL. (1998) Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – MEC/SEMTEC. BRASÍLIA: MEC.

BRASIL. (1999) Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – MEC/SEMTEC. BRASÍLIA: MEC.

BRASIL. (1998) Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: Física. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF.

CABRAL, F.; Lago, A. Física 2. São Paulo: Harbra, 2002. V.2.

CHIRONE, Adriana Regina da Rocha. APRENDIZAGEM DE EQUAÇÕES DO 1º GRAU A PARTIR DA ATIVIDADE DE SITUAÇÕES PROBLEMA COMO METODOLOGIA DE ENSINO, FUNDAMENTADA NA TEORIA DE FORMAÇÃO POR ETAPAS DAS AÇÕES MENTAIS E DOS CONCEITOS DE GALPERIN. Boa Vista-RR, 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Estadual de Roraima.

COSTA, Rita de Cássia Silva. FORMAÇÃO DE UM GRUPO DE TEATROCIENTÍFICO PROBLEMATIZADOR A PARTIR DO DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DE SITUAÇÃO PROBLEMA EXPERIMENTAIS EM TERMODINÂMICA, FUNDAMENTADA NA TEORIA DE GALPERIN. Boa Vista-RR, 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Estadual de Roraima.

DRISCOLL. Marcy P. (1995). Psychology of learning and instruction. Boston. ICS \ Allyn and Bacon. 409 p.

TAVARES, Romero (2004a ) Aprendizagem Significativa Revista Conceitos N55. 10 p.

GALPERIN, Pietr Y. A direção do processo de aprendizagem. Revista AMAzônica, LAPESAM/GMPEPPE/UFAM/CNPq/EDUA - Ano 6, Vol XI, número 2, 2013a, Jul-Dez, pág. 478-484.

GONÇALVES, Abílio, José; NUNES, Teresa, Maria. Estilos de investigação: estudos quasiexperimentais. Revista Metodologia da Investigação I / DEFCUL. 2004/2005.

GUEDIN, Evandro. O ensino de ciências e suas epistemologias. Boa Vista-RR, 2015.

HALLIDAY, David, 1916 – Fundamentos de física, v. 2, 7ª ed.: gravitação, ondas, e termodinâmica / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Flávio Menezes de Aguiar, José Wellington Rocha Tabosa – Rio de Janeiro: LCT, 2006.

HALLIDAY, David, 1916 – Fundamentos de física, v. 2, 8ª ed.: gravitação, ondas, e termodinâmica / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Flávio Menezes de Aguiar, José Wellington Rocha Tabosa – Rio de Janeiro: LCT, 2009.

HALLOUN, I. Schematic Modeling for Meaningful Learning for Physics Journal of Research in Science Teaching, v.33, Issue 9, 1996.



JÚNIOR, Nilton von Rondow e OLIVEIRA, Lídia Maria Luz Paixão Ribeiro de. O ENSINO DA TERMODINÂMICA NA PERSPECTIVA SOCIOINTERACIONISTA: proposta de um livro paradidático. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC, Florianópolis, Novembro de 2009.

KAZUHITO, Yamamoto; FUKU, Luiz Felipe. Física para o Ensino Médio 2 – 3ªed – São Paulo: Saraiva, 2013.

LEONTIEV, A. N., 1981. The Problem of Activity in Psychology. In: WERTSCH, J. V. (Ed.) The concept of activity in soviet psychology. New York: M. E. Sharpe. Inc. p. 3771.

MAJUTOV, M. J. La Enseñanza Problemática. Habana: Pueblo y Revolución, 1983.

MATTOS Cristiano; DRUMMOND Ana V. N. Sensação térmica: uma abordagem interdisciplinar. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 7-34, abr. 2004.

MENDOZA, Héctor J.García (2009). Estudio del efecto del sistema de acciones en el proceso de aprendizaje de los alumnos en la actividad de situaciones problemas en Matemática, en la asignatura de Álgebra Lineal, en el contexto de la Facultad Actual de la Amazonia. Dissertação doutoral publicada, Faculdade de Humanidade e Ciência na Educação, Universidade de Jaén, Espanha.

Mendoza, Héctor José García Mendoza; Delgado, Oscar Tintorer. Revista AMAzônica, LAPESAM/GMPEPPE/UFAM/CNPq/EDUA. A CONTRIBUIÇÃO DE GALPERIN NA AVALIAÇÃO DE PROVAS DE LÁPIS E PAPEL DE SISTEMAS DE EQUAÇÕES LINEARES. Ano 6, Vol XI, número 2, 2013, Jul-Dez, pág. 289-323.

MENDOZA, Héctor José García. DELGADO, Oscar Tintorer. A contribuição do ensino problematizador de Majmutov na formação por etapas das ações mentais de Galperin. Artigo enviado para Revista: OBUCHENIE: Revista de Didática e Psicologia Pedagógica da Universidade Federal de Uberlândia – UFU. 2016.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. – 2. Ed. Ampl. – São Paulo: EPU, 2011ª.

MOREIRA, Marco Antônio. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

NETO, Ronaldo Nunes. A atividade de situações problema na aprendizagem do conteúdo de fração fundamentada na teoria de formação por etapas das ações mentais de galperin com os estudantes do 5º ano da escola municipal Laucides Inácio de Oliveira. Boa Vista, 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Estadual de Roraima.

NEVES, Rita de Araujo; DAMIANI, Magda Floriana. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. UNirevista - Vol. 1, nº 2: (abril 2006).

NÚÑEZ, I. B., PACHECO, O. G. Formação de conceitos, segundo a Teoria da Assimilação de Galperin, 1998. Disponível em: <[http://www.fcc.org.br/pesquisa/actions.actionsEdicoes.BuscaUnica.do?codigo=167&tp\\_caderno=0](http://www.fcc.org.br/pesquisa/actions.actionsEdicoes.BuscaUnica.do?codigo=167&tp_caderno=0)> acesso em 01 de nov. de 2012.

OLIVEIRA, Mário José de. Termodinâmica, 2ª ed. rev. e ampl. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

PONTELO, Ivan. MOREIRA, Adelson Fernandes. A TEORIA DA ATIVIDADE COMO REFERENCIAL DE ANÁLISE DE PRÁTICAS EDUCATIVAS. Disponível em: [http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos\\_senept/anais/terca\\_tema1/TerxaTema1Artigo8.pdf](http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema1/TerxaTema1Artigo8.pdf). Acesso em 02 de jan de 2017.

REZENDE, Alexandre; VALDES, Hiram. GALPERIN: IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS DA TEORIA DE FORMAÇÃO DAS AÇÕES MENTAIS POR ESTÁGIOS. Educ. Soc. , Campinas, vol. 27, n. 97, p. 1205-1232, set./dez. 2006. Disponível em <<http://www.cedes.unicamp.br>>

RUBINSTEIN, J. L. Principios de Psicologia General. Habana: Revolucionaria, 1967.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. Universo da Física, 2: hidrotástica, termologia, óptica. – 2ªed. -São Paulo: Atual, 2005. – (Coleção Universo da Física).

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Hernández; LUCIO, Maria del Pilar Baptista. Tradução: Moraes, Daisy Vaz; Revisão Técnica: GARCIA, Ana Gracinda Queluz; SILVA, Dirceu; JÚLIO, Marcos. **Metodologia de Pesquisa**. – 5. ed.– Porto Alegre: Penso, 2013.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Hernández; LUCIO, Pilar Baptista Lucio. Tradução: MURAD, Fátima Conceição; KASSNER, Melissa; LADEIRA, Sheila Clara Dystyler. Revisão Técnica: GARCIA, Ana Gracinha Queluz; VALE, Paulo Heraldo Costa do. **Metodologia de Pesquisa**. – 3. ed.– São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SARTORELI, J. C.; HOSOUME, Y.; YOSHIMURA, E. M. A lei de resfriamento de Newton: introdução às medidas em Física – parte II. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 116-121, Mar. 1999.

SAVI, Arlindo Antonio. Termodinâmica 10 / Arlindo Antonio Savi, César Canesin Colucci. – Maringá: Euduem, 2010. 131p.:il. (Coleção Formação de Professores em Física – EAD, v. 10).

SCHULZ, Daniel. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DO ESTUDO DE MÁQUINAS TÉRMICAS COMO TEMA MOTIVADOR. UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/indice.htm>. Acesso em: 01 de novembro de 2016.

SILVA, M. A. da. (2003). “Protótipo de uma ferramenta para auxiliar no ensino de técnicas de programação”. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Informática) – Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Planalto Catarinense, Lages.

SOUZA, de Elisandra Peres; NURNBERG, Jóyce; DAMAZIO, Ademir. CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE AÇÕES MENTAIS DE GALPERIN À PRÁTICA PEDAGÓGICA. PPGE/UNESC - Criciúma/SC.

SOUZA, Pedro Alexandre Lopes de; OLIVEIRA, Geiziane Silva; BENITE, Claudio R. Machado; Benite, Anna M. Canavarro. (2012) estudos sobre a ação mediada no ensino de física em ambiente virtual. In: Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 420-447, set. 2012

SOUZA, Rozenilda de. A ATIVIDADE DE SITUAÇÕES PROBLEMA NO TEATRO CIENTÍFICO COMO ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM DA CINEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO NA PROPOSTA DE P. YA. GALPERIN. Boa Vista, 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Estadual de Roraima.

TALÍZINA, N.; *Psicologia de La enseñanza*. Moscú: Editorial Progreso, 1988.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v.24, n.2, p. 87-90, 2002.

VYGOTSKY, Lev S. (1988). *A formação social da mente*. 2ª ed. brasileira. São Paulo. Marins Fontes. 168 p.

ZANOTELLO, Marcelo; ALMEIDA, Maria J. P. M. Produção de sentidos e possibilidades de mediação na Física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 437-446, 2007.

## APÊNCICE 01 - TALE

### Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)

**Instituição:** Universidade Estadual de Roraima / Curso: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**Título:** Resolução de problemas de termodinâmica na segunda série do ensino médio, fundamentado na teoria de Galperin, na direção de estudo de Talízina e a resolução de problema segundo Majmutov.

**Pesquisador:** Higino Nascimento de Carvalho /**Pesquisador (Orientador):** Prof. Dsc. Oscar Tintorer Delgado.

Este Termo de Assentimento Livre e Esclarecido tem o propósito de convidá-lo a participar do projeto de pesquisa acima mencionado. O objetivo desta pesquisa é construir uma sequência didática buscando melhorar o aprendizado dos alunos no conteúdo de termodinâmica. Esta pesquisa é importante pois além de fazer parte de uma dissertação de mestrado, irá contribuir para que outros alunos consigam ter maiores facilidades no aprendizado de termodinâmica. Para tanto, faz-se necessário a realização de dez encontros com duração 2h (duas horas) cada encontro, onde serão trabalhados os conteúdos de termodinâmica, na sala de aula e no laboratório de informática.

A sua participação consistirá em está presente nos encontros e responder um questionário diagnóstico para determinar seus conhecimentos prévios de termodinâmica, e após a aplicação do conteúdo, responder uma prova de lápis e papel com perguntas simples relacionadas ao conteúdo estudado, além disso, poderá ser entrevistado durante os encontros, tais entrevistas consistem em perguntas simples como: O que você observou ao mudar o valor da temperatura no simulador Phet? As entrevistas poderão ser gravadas, para melhor controle das informações durante a escrita dos resultados. Os dados coletados serão transcritos e armazenados, em arquivos digitais, mas somente terão acesso a estes, o pesquisador e seu orientador.

Quaisquer registros feitos durante a pesquisa não serão divulgados, mas o relatório final, contendo citações anônimas, estará disponível quando estiver concluído o estudo, inclusive para apresentação em encontros científicos e publicação em revistas especializadas. Serão divulgados os dados, com garantia de anonimato e, realizado esclarecimentos referentes aos riscos da pesquisa, que deverão estar associados à possível constrangimento do participante durante a aplicação do questionário, prova de lápis e papel e entrevista, atendendo desta forma a Resolução 466/2012 do CNS-MS.

Não haverá benefícios diretos ou imediatos para o participante deste estudo, porém o benefício indireto relacionado com a colaboração do menor sob sua responsabilidade nesta pesquisa é o de contribuir com a construção de um produto educacional (resultado da pesquisa), que poderá influenciar a prática docente dos professores da disciplina de física no IFRR, além disso, ele (a) será beneficiado com maior carga horária do conteúdo de termodinâmica do que os seus colegas não participantes da pesquisa, o que poderá garantir maior aprendizado do conteúdo.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Roraima, sob parecer n° (xxx) e sendo assim, o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Roraima tem conhecimento e incentiva a realização da pesquisa.

Discutimos esta pesquisa com seus pais ou responsáveis e eles sabem que também estamos pedindo seu acordo. Se você vai participar da pesquisa, seus pais ou responsáveis concordaram com isso.

Este TERMO, em duas vias (uma para o pesquisador e outra para o participante) é para certificar que eu, \_\_\_\_\_, na qualidade de participante voluntário, aceito participar do projeto científico acima mencionado.

Estou ciente de que a minha participação trará os seguintes riscos: de constrangimento durante uma entrevista ou uma pergunta e risco do vazamento de dados. Serão tomadas as devidas providências para diminuir tais riscos: procurar fazer perguntas que podem ter respostas diversas aceitas, sem considerar certo ou errado, e no caso de uma demora na resposta, será dada a resposta pelo próprio pesquisador; quanto ao possível vazamento dos dados, será sempre priorizada a utilização de siglas, ou nomes fictícios, para preservar sua identidade, além de garantir o acesso a tais dados, apenas pelo pesquisador e seu orientador.

Estou ciente de que terei direito a manutenção do sigilo e da privacidade, a acompanhamento e assistência, também após a coleta de dados pelo questionário, serão realizados acompanhamentos posteriores.

Estou ciente de que sou livre para recusar e retirar meu consentimento, encerrando a minha participação a qualquer tempo, sem penalidades.

Estou ciente de que não haverá formas de ressarcimento ou de indenização pela participação do meu filho(a) no desenvolvimento da pesquisa.

Por fim, sei que terei a oportunidade para perguntar sobre qualquer questão que eu desejar, e que todas deverão ser respondidas a meu contento.

Assinatura da Criança/Adolescente: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura dos pais ou responsável: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Eu Higino Nascimento de Carvalho (pesquisador responsável) declaro que serão cumpridas as exigências contidas nos itens IV. 3 da Res. CNS nº 466/12.

Para esclarecer eventuais dúvidas ou denúncias ligue para:

Pesquisador: Higino Nascimento de Carvalho Telefone: (95) 99135-9870

Pesquisador (Orientador): Prof.ª Dsc. Oscar Tintorer Delgado Tel: (95) 991385295.

CEP/UERR: Rua Sete de Setembro, nº 231 - Bairro Canarinho (sala 201). Tels: (95) 2121-0953.

## APÊNDICE 02 - TCLE

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) em Pesquisas com Seres Humanos**

**Instituição:** Universidade Estadual de Roraima / Curso: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**Título:** Resolução de problemas de termodinâmica na segunda série do ensino médio, fundamentado na teoria de Galperin, na direção de estudo de Talízina e a resolução de problema segundo Majmutov.

**Pesquisador:** Higino Nascimento de Carvalho / **Pesquisador (Orientador):** Prof. Dsc. Oscar Tintorer Delgado.

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido tem o propósito de orientá-lo que seu filho (a), está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa acima mencionado. O convite a participação dele se deve ao fato do mesmo ser aluno regularmente matriculado no curso de ensino médio integrado ao técnico do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Roraima - IFRR, onde a pesquisa será desenvolvida. O objetivo desta pesquisa é construir uma sequência didática buscando melhorar o aprendizado dos alunos no conteúdo de termodinâmica. Esta pesquisa é importante pois além de fazer parte de uma dissertação de mestrado, irá contribuir para que outros alunos consigam ter maiores facilidades no aprendizado de termodinâmica. Para tanto, faz-se necessário a realização de dez encontros com duração 2h (duas horas) cada encontro, onde serão trabalhados os conteúdos de termodinâmica, na sala de aula e no laboratório de informática.

A participação do menor sob sua responsabilidade consistirá em participar dos encontros e responder um questionário diagnóstico para determinar seus conhecimentos prévios de termodinâmica, e após a aplicação do conteúdo, responder uma prova de lápis e papel com perguntas simples relacionadas ao conteúdo estudado, além disso, ele(a) poderá ser entrevistado(a) durante as aulas, tais entrevistas consistem em perguntas como: O que você observou ao mudar o valor da temperatura no simulador Phet? As entrevistas poderão ser gravadas, para melhor controle das informações durante a escrita dos resultados. Os dados coletados serão transcritos e armazenados, em arquivos digitais, mas somente terão acesso a estes, o pesquisador e seu orientador.

Quaisquer registros feitos durante a pesquisa não serão divulgados, mas o relatório final, contendo citações anônimas, estará disponível quando estiver concluído o estudo, inclusive para apresentação em encontros científicos e publicação em revistas especializadas. Serão divulgados os dados, com garantia de anonimato e, realizado esclarecimentos referentes aos riscos da pesquisa, que deverão estar associados à possível constrangimento do participante durante a aplicação do questionário e observação das aulas em espaços não formais, atendendo desta forma a Resolução 466/2012 do CNS-MS.

Não haverá benefícios diretos ou imediatos para o participante deste estudo, porém o benefício indireto relacionado com a colaboração do menor sob sua responsabilidade nesta pesquisa é o de contribuir com a construção de um produto educacional (resultado da pesquisa), que poderá influenciar a prática docente dos professores da disciplina de física no IFRR, além disso, ele (a) será beneficiado com maior carga horária do conteúdo de termodinâmica do que os seus colegas não participantes da pesquisa, o que poderá garantir maior aprendizado do conteúdo. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Roraima, sob parecer n° (xxx) e sendo assim, o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Roraima tem conhecimento e incentiva a realização da pesquisa.

A participação dele(a) é voluntária, isto é, ela não é obrigatória, e ele tem plena autonomia para decidir se quer ou não participar, bem como retirar sua participação a qualquer momento. Ele não será penalizado de nenhuma maneira caso decida não consentir sua participação, ou desistir da mesma. Contudo, ela é muito importante para a execução da pesquisa.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Roraima, sob parecer n° (xxx) e tem conhecimento e incentiva a realização da pesquisa.

Este TERMO, em duas vias, é para certificar que eu, \_\_\_\_\_, na qualidade de pai/responsável pelo aluno(a) \_\_\_\_\_, autorizo a participação dele no projeto científico acima mencionado.

Estou ciente de que a participação dele na pesquisa trará os seguintes riscos: de constrangimento durante uma entrevista ou uma pergunta e risco do vazamento de dados. Serão tomadas as devidas providências para diminuir tais riscos: procurar fazer perguntas que podem ter respostas diversas aceitas, sem considerar certo ou errado, e no caso de uma demora na resposta, será dada a resposta pelo próprio pesquisador; quanto ao possível vazamento dos dados, será sempre priorizada a utilização de siglas, ou nomes fictícios “diferentes do menor sob sua responsabilidade, para preservar a identidade dele(a), além de garantir o acesso a tais dados, apenas pelo pesquisador e seu orientador.

Estou ciente de que não haverá formas de ressarcimento ou de indenização pela participação do meu filho(a) no desenvolvimento da pesquisa.

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Roraima-UERR. O Comitê de Ética é a instância que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. Dessa forma o comitê tem o papel de avaliar e monitorar o andamento do projeto de modo que a pesquisa respeite os princípios éticos de proteção aos direitos humanos, da dignidade, da autonomia, da não maleficência, da confidencialidade e da privacidade.

Por fim, sei que terei a oportunidade para perguntar sobre qualquer questão que eu desejar, e que todas deverão ser respondidas a meu contento.

Boa Vista – RR, \_\_\_\_/\_\_\_\_/ 2017.

Nome e Assinatura do Pesquisador

Declaro que entendi os objetivos e condições da participação do menor sob a minha responsabilidade na pesquisa intitulada “**Resolução de problemas de termodinâmica na segunda série do ensino médio, fundamentado na teoria de Galperin, na direção de estudo de Talízina e a resolução de problema segundo Majmutov**” e concordo com sua participação.

( ). Autorizo a gravação da entrevista (ou imagem).

( ). Não autorizo a gravação da entrevista (ou imagem).

\_\_\_\_\_  
(Assinatura do pai/responsável)

\_\_\_\_\_  
Nome completo:

Eu, **Higino Nascimento de Carvalho**, declaro que serão cumpridas as exigências contidas nos itens IV. 3 da Res. CNS n° 466/12.

Contatos do Comitê de Ética em Pesquisa da UERR:

**Tel.:** do CEP/UERR: (95) 2121-0953 / **E-Mail:** cep@uerr.edu.br

Endereço: Rua sete de setembro, 231 / Canarinho, sala 201 (localizada no primeiro andar do Setor da Logística) – Boa Vista-UERR.

**Nome do Pesquisador responsável:** Higino Nascimento de Carvalho

**Endereço completo:** Rua Felipe Xaud, nº1286 Bairro: Asa Branca.

**Telefone:** (95) 991359870