



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Ciências e Tecnologia

Unidade Acadêmica de Engenharia Química

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

**ANÁLISE CONJUNTA DO BINÔMIO ENSINO- APRENDIZAGEM  
DA TERMODINÂMICA**

Nataline Cândido da Silva Barbosa

Campina Grande, PB-Brasil.

Dezembro/2015

NATALINE CÂNDIDO DA SILVA BARBOSA

**ANÁLISE CONJUNTA DO BINÔMIO ENSINO- APRENDIZAGEM  
DA TERMODINÂMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, como parte dos requisitos exigidos à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

**Orientador:** Prof. Dr. João Teotônio Manzi (LARCA/UFCG)

---

Campina Grande, PB-Brasil.

Dezembro/2015



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

- B238a      Barbosa, Nataline Cândido da Silva.  
Análise conjunta do binômio ensino-aprendizagem da termodinâmica /  
Nataline Cândido da Silva Barbosa. – Campina Grande, 2016.  
100 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal  
de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.  
"Orientação: Prof. Dr. João Teotônio Manzi".  
Referências.
1. Didática – Estratégias e Métodos. 2. Ensino-Aprendizagem.  
3. Métodos Estatísticos. I. Manzi, João Teotônio. II. Título.

CDU 37.022(043)

NATALINE CÂNDIDO DA SILVA BARBOSA

**ANÁLISE CONJUNTA DO BINÔMIO ENSINO- APRENDIZAGEM  
DA TERMODINÂMICA**

Dissertação aprovada em 09 de Dezembro de 2015

**Banca Examinadora:**



---

Prof. Dr. João Teotônio Manzi - UFCG

Orientador



---

Prof. Dr. Romildo Pereira Brito - UFCG

Examinador Interno



---

Prof. Dra. Joana Maria de Farias Barros, (UFCG-Campus/Cuité).

Examinador Externo

Campina Grande, PB-Brasil.

Dezembro/2015

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois o temor do Senhor é o princípio de toda sabedoria, e a conclusão do mesmo só foi possível mediante as suas bênçãos. Aos meus pais Aroldo Souza e Maria Gorette Cândido. Ao meu esposo Luciano Barbosa. E ao meu maior tesouro o meu filho Lucas Nathan.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus pela sua presença, excelência e misericórdia, que excede a compreensão humana, por ser o Autor e Consumador da minha fé e por me fortalecer nos momentos difíceis e conceder-me à sabedoria necessária para concluir o mestrado.

Aos meus pais Aroldo Souza e Maria Gorette C.da Silva, pois mesmos nas dificuldades, não deixaram faltar o essencial para que, eu e meus irmãos estudássemos e, acima de tudo por ter me incentivado a continuar no caminho da formação superior.

Ao meu esposo, amigo e companheiro Luciano de Souza Barbosa, pelo carinho, amor, apoio e acima de tudo compressão e paciência nas horas que estava me dedicando ao mestrado.

Ao meu filho Lucas Nathan C.S.Barbosa. Ser mãe foi o maior presente e benção que já recebi na minha vida. Meu filho, pela sua inocência, sorriso verdadeiro e amor incomparável, faz com que os meus dias de dificuldades tornem-se bem melhores e que minha angústia se torne em alegria.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Manzi, pois mesmo conhecendo as minhas dificuldades e limitações, deu-me a oportunidade de juntamente com ele desenvolver este trabalho. Por compartilhar comigo seus preciosos conhecimentos e experiências, por me ensinar que pesquisar é um ato de rigor, empenho e honestidade e por sua sublime e cuidadosa orientação. Glorifico a Deus pela sua vida, pois apreendi muito com seus ensinamentos e superei algumas das minhas dificuldades acadêmicas, agradeço imensamente.

A minha família, em especial a minha sogra Adiles Alves de Souza, por me ajudar a cuidar do meu filho, no momento das minhas ausências.

Aos meus amigos e companheiros do LARCA e da turma 2013.1 do mestrado, em especial a Tássila Neves, Alisson Nascimento e Thássio Nobrega, pela força, incentivo e por ter me ajudado a superar algumas das

minhas dificuldades na apresentação do seminário de qualificação e posteriormente defesa da dissertação. Sou eternamente grata.

Aos professores Wagner Brandão, Heleno Bispo, Thássio Nobrega e a professora Karoline Brito, por ter disponibilizado suas aulas para aplicação do questionário da pesquisa. Agradeço profundamente.

Ao programa de Pós-graduação em Engenharia Química pela oportunidade em especial ao coordenador o Prof. Luiz Gonzaga por suas orientações.

Aos professores do Programa de Pós-graduação, pelos ensinamentos e por ter compartilhados seus conhecimentos para minha formação acadêmica.

A Maricé Pereira, por exercer mais além da sua função, por ser amiga conselheira e sempre esta pronta para ouvir os meus problemas, as minhas alegrias, entre outros.

A uma grande amiga e irmã, Gicelia Moreira, que desde o final da graduação em Licenciatura em Química (UEPB) até aqui no mestrado em Engenharia Química, compartilhamos juntas as dificuldades e alegrias no decorrer da nossa formação. Por torcermos juntamente pelo sucesso de uma da outra.

Desde já agradeço a Prof.<sup>a</sup> Joana Barros e ao Prof<sup>o</sup>. Jose Nilton Silva, membros da banca examinadora, pela análise crítica e pelo tempo que disponibilizaram de suas vidas para examinar e contribuir para o fechamento dessa dissertação.

A CAPES, pelo incentivo financeiro durante os dois anos de pesquisa.

Por fim a todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização desse sonho e que torceram pelo meu sucesso.

## RESUMO

É bem conhecido que apreender os conceitos básicos da termodinâmica tem sido uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos estudantes no decorrer de sua vida acadêmica, quer seja no âmbito do ensino médio, dos cursos técnicos, bem como nos cursos universitários. A disciplina é considerada pelos discentes como uma das mais complexas da grade curricular, requerendo esforços adicionais e, portanto exigindo do professor estratégias didáticas eficientes bem como, as modificações de suas metodologias de ensino empregadas em sala de aula, que permita obter avanços significativos na aprendizagem dos discentes. Tais modificações têm como principal objetivo facilitar a aprendizagem da termodinâmica, cujos conteúdos propostos devem vincular as aulas teóricas com o cotidiano do estudante, possibilitando assim aulas mais agradáveis e interessantes. Sendo assim, o objetivo maior desse trabalho é analisar e avaliar as dificuldades da relação do binômio ensino-aprendizagem da termodinâmica, encontradas pelos discentes acerca dos conceitos associados à ótica do cotidiano. Para analisar tais dificuldades, uma estratégia que considera as correlações de força entre o binômio foi proposta por uma série de questões sobre a termodinâmica relacionadas ao cotidiano do aluno de diferentes graus de maturidade acadêmica e aplicadas em instituições de ensino distintas. Uma vez que as informações essenciais foram capturadas, os dados foram organizados e analisados mediante métodos qualitativo e quantitativo, sendo tratados sob o ponto de vista estatístico. A avaliação dos resultados indica e confirma as dificuldades e o baixo rendimento no ensino-aprendizagem da termodinâmica com relação aos seus conteúdos, não só com respeito ao seu conteúdo teórico e prático, mas também no seu aspecto motivacional. Observa-se ainda uma clara dicotomia relacionada à termodinâmica e ao cotidiano dos alunos, verificando um baixo desempenho dos grupos pesquisados onde, em geral, os resultados podem diferir entre si, devido às exigências acadêmicas de cada instituição de ensino pesquisada. Assim sendo, a formação dos alunos é insuficiente para o correspondente grau acadêmico, no que se refere aos

conteúdos básicos da termodinâmica associados a vivência dos alunos analisados. Portanto é essencial e indispensável que os estudantes nas instituições de ensino adquiram conteúdos mais significativos e sólidos acerca dos conceitos básicos da termodinâmica, para então poderem identificar e correlacionar os fatos do seu cotidiano que estão associados com os conhecimentos científicos expostos em sala de aula. Contudo, é necessário que o professor durante as suas aulas oriente os seus alunos na diretriz do conhecimento, da aprendizagem significativa, a fim de que, no momento em que o acadêmico percorrer todo processo de educação escolar e universitário, não seja um cidadão imaturo, acrítico, com lacunas indesejáveis na sua formação acadêmica.

**Palavras-Chave:** Estratégias Didáticas, Aprendizagem Significativa, Métodos Estatísticos.

## ABSTRACT

It is well known that learning the basics of thermodynamics has been one of the great difficulties faced by students during their academic life, whether under the high school technical courses as well as in university courses. The subject is considered by students as one of the most complex of the curriculum, requiring additional efforts and therefore requiring teacher effective teaching strategies as well as modifications of their teaching methodologies employed in the classroom so as to achieve significant advances in learning students. Such changes are mainly intended to facilitate the learning of thermodynamics, whose proposed contents should link the theoretical with the student's daily life, thus enabling more pleasant and interesting lessons. Thus, the main objective of this paper is to analyze and evaluate the difficulties of the relationship of thermodynamics teaching-learning binomial encountered by students about the concepts associated with the perspective of everyday life. To analyze these difficulties, a strategy that considers the strength of correlations between the binomials was proposed by a number of issues on the thermodynamics related to the daily life of students of varying academic maturity and applied in different educational institutions. Once the essential information has been captured, the data were organized and analyzed using qualitative and quantitative methods, being treated under the statistical point of view. The evaluation of the results indicates and confirms the difficulties and low performance in the teaching of thermodynamics with respect to its content, not only with respect to its theoretical and practical content, but also as a motivational aspect. It is observed also a clear dichotomy related to thermodynamics and the daily lives of students by checking a poor performance of the groups surveyed where, in general, the results can differ due to academic requirements of each researched educational institution. Therefore, the training of students is insufficient for the corresponding academic degree, with regard to the basic content of thermodynamics associated with experiences of the analyzed students. Therefore it is essential and indispensable that students in educational institutions acquire more substantial and solid content about the basics of thermodynamics, to then be able to identify and correlate the facts of

everyday life that are associated with scientific knowledge exposed in the classroom. However, it is necessary that the teacher during their east classes their students in the guideline knowledge, meaningful learning, so that, by the time the academic go all process of school and university education, is not an immature citizen, uncritical, with undesirable gaps in their education.

**Keywords:** Teaching strategies, Significant Learning, Statistical Methods.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Encher e esvaziar o balão.....	44
<b>Figura 2:</b> Representação de roupa secando no varal.....	45
<b>Figura 3:</b> Representação do cigarro.....	46
<b>Figura 4:</b> Representação do universo.....	47
<b>Figura 5:</b> Gráfico do universo amostral.....	50
<b>Figura 6:</b> Gráfico da distribuição normal.....	51
<b>Figura 7:</b> Gráfico da distribuição da variável aleatória discreta.....	55
<b>Figura 8:</b> Comparação entre $IES_{\omega}$ x $IET_{\beta}$ .....	60
<b>Figura 9:</b> Comparação entre $IES_{\delta 1}$ x $IES_{\delta 2}$ .....	61
<b>Figura 10:</b> Comparação entre $IES_{\omega}$ x $IES_{\delta 1}$ .....	62
<b>Figura 11:</b> Comparação entre $IES_{\omega}$ x $IES_{\delta 2}$ .....	63
<b>Figura 12:</b> Comparação entre $IET_{\beta}$ x $IES_{\delta 1}$ .....	64
<b>Figura 13:</b> Comparação entre $IET_{\beta}$ x $IES_{\delta 2}$ .....	65

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Avaliação do questionário.....	49
<b>Tabela 2:</b> Nomenclatura das instituições de ensino analisadas.....	50
<b>Tabela 3:</b> Hipóteses a serem testadas.....	54

# SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2.0 MOTIVAÇÃO</b> .....	18
<b>3.0 OBJETIVOS</b> .....	20
3.1 Geral.....	20
3.2 Especificos.....	20
<b>4.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	21
4.1 O Processo de Ensino e Aprendizagem.....	21
4.2 Considerações Gerais acerca dos Métodos Didáticos Utilizados no Ensino-Aprendizagem.....	26
4.3 Estado da Arte.....	34
4.4 Os Fatos do Cotidiano como Estratégia Metodológica no Ensino-Aprendizagem de Termodinâmica.....	41
<b>5.0 METODOLOGIA</b> .....	48
<b>6.0 RESULTADOS E DISCURSSÕES</b> .....	59
6.1 Análises Estatísticas dos Dados Coletados.....	60
6.2 Análises Qualitativas das Respostas Escritas.....	67
6.3 Análises dos Questionamentos do Quadro (1).....	73
<b>7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	77
<b>8.0 REFERÊNCIAS</b> .....	79
<b>APÊNDICE</b> .....	86

## 1. INTRODUÇÃO

É bem conhecido que a termodinâmica, como ciência, tem desempenhado e continua a desempenhar um papel relevante no âmbito das ciências exatas como na física, na química, nas engenharias e igualmente na vida do ser humano, uma vez que ela está ligada direta ou indiretamente aos diversos acontecimentos naturais e as diversas áreas e tecnologias utilizadas na melhoria da vida do homem. Dessa forma, torna-se necessário compreender e apreender de forma significativa os conceitos ligados à termodinâmica para então, podermos relacioná-los com o nosso cotidiano, tornando-o mais interessante.

Diante do déficit apresentado pelo binômio ensino-aprendizagem de termodinâmica, já observado por pesquisadores como Sokrat (2014), a utilização de novas metodologias de ensino vem sendo amplamente discutida, fazendo-se necessário uma renovação metodológica aplicada em sala de aula, que permita estabelecer uma relação entre o conhecimento exposto pelo professor e os fatos do cotidiano do estudante, fazendo com que o ensino-aprendizagem da termodinâmica se torne uma atividade mais atraente, dinâmica, interessante e prazerosa para o alunato. (YERRICK, R.et.al. 1997).

A termodinâmica está relacionada com diversos fenômenos e situações do nosso cotidiano como, por exemplo, o derretimento do gelo, o cozimento mais rápido de alimentos em uma panela de pressão, a secagem das roupas no varal, entre outros. Entretanto, observar esses fenômenos rotineiros e conseguir relacioná-los com a prática educativa é na maioria das vezes difícil, pois no cotidiano do ambiente escolar não se consegue esboçar claramente, por exemplo, a diferença entre os conceitos básicos e essenciais de temperatura e calor. Por conseguinte, toda a estratégia do saber do ponto de vista termodinâmico pode ficar seriamente comprometida.

Segundo Serway, 2004 o ensino da termodinâmica de forma eficaz é de suma importância nas escolas fundamentais, sem o qual, a evolução do aprendizado pode ser prejudicada nos mais diversos ramos de atividade intelectual, principalmente nas áreas das engenharias nas instituições de

ensino superior. Por isso se faz necessário o uso de ferramentas pertinentes para o seu ensino e aprendizagem.

Nessa perspectiva, o ensino da termodinâmica é um processo longo que se inicia na educação básica com conceitos bem colocados, passando pelo ensino médio com a extensão dos conceitos concretos relacionados com outras ciências, até ao nível universitário onde a lente intelectual é aumentada. Nesta estratégia, duas abordagens podem ser utilizadas na consolidação do ensino: a compreensão conceitual e a resolução de problema. (MARÉCHAL E BILANI, 2008).

Com o objetivo de aperfeiçoar e até mesmo modificar o ensino da termodinâmica, vários pesquisadores na área e educadores no âmbito da termodinâmica tem frequentemente discutido às dificuldades enfrentadas pelos alunos em compreender os conceitos básicos da termodinâmica, onde muitos desses pesquisadores buscam estratégias de ensino que possam superar esse déficit e amenizar o quadro atual do ensino da termodinâmica, claramente desfavorável.

Nesta temática, diversos trabalhos têm sido publicados nos últimos anos com a finalidade de analisar as dificuldades que os discentes apresentam na aprendizagem da termodinâmica química. Os problemas foram observados em todos os níveis conceituais, como a diferença entre entalpia e entropia (Goedhart e Kaper, 2003) e mais uma vez, a falta de clareza conceitual entre temperatura e calor tem se constituído um dos principais problemas como relata os estudos de (Erickson, 1979). A falta de clareza conceitual envolvida nas ligações químicas, também tem sido considerada preocupante, sendo uma dificuldade adicional dos alunos conforme estudos de Boo e Watson (2001); Barker e Millar, (2000).

De acordo com Ebenezer e Frazer (2001), interações mais complexas, tais como as ligações existentes entre o soluto e o solvente no processo de dissolução também estão incluídas nessa análise. Greenbowe e Meltzer (2003) observaram que a calorimetria tem recebido pouca atenção dos estudiosos, representando também uma grande dificuldade dos estudantes de graduação na compreensão dos conceitos envolvidos no sistema.

Com objetivo de aprimorar o ensino e a aprendizagem da termodinâmica, é importante e porque não dizer necessário, o uso de ferramentas computacionais pertinentes ao ensino, como o *software* proposto por Vianna et. al (2014), que facilite a aprendizagem, mostra-se significativo. Da mesma forma, Lopes et.al (2012) em sua pesquisa mostrou que a utilização de *software* como ferramenta de apoio nas aulas de termodinâmica estimula o ensino-aprendizagem e possibilita ao aluno uma forma mais atrativa de adquirir o conhecimento, através de uma nova forma de exposição do conteúdo. O pesquisador propôs um ensino fundamentado na teoria da aprendizagem de Ausubel e no modelo de ensino de Gowin, para aperfeiçoar o ensino da primeira lei da termodinâmica.

A história da ciência também tem contribuído bastante para a melhoria do ensino e aprendizagem da termodinâmica e assim facilitar a compreensão e o ensino dos fenômenos básicos termodinâmicos. Vale salientar aqui, que o professor pode ser visto na realidade como um contador da história da termodinâmica. (SILVA, 2013; HÜLSENDEGER, 2003 e CASTRO, 2013).

Entretanto, pesquisas realizadas por Goedhart e Kaper (2003), Erickson (1979), Boo e Watson (2001), Maréchal e Bilani (2008), Silva, B (1999), Serway (2004), Ebenezer e Frazer (2001), Barker e Millar (2000), Greenbowe e Meltzer (2003) e Vianna et.al (2014) na área do ensino da termodinâmica, atestam o baixo índice de aprovação e a baixa apreensão de conhecimentos básicos na área. Além disso, podemos considerar a ineficiência e o déficit no ensino da termodinâmica a luz dos fatos do cotidiano.

Observando os problemas acima mencionados, esta pesquisa propõe verificar a realidade em algumas instituições de ensino no âmbito regional em relação ao ensino e aprendizagem da termodinâmica através de questionários e inferências estatísticas e, portanto, demonstrar a importância de relacionar o saber cotidiano do aluno com os saberes científicos.

## 2. MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

A motivação para desenvolver qualquer pesquisa na área educacional mais precisamente no ensino-aprendizagem, parte da necessidade de mudanças no atual quadro do ensino e aprendizagem nas mais diversas áreas de ensino.

Com o avanço da tecnologia e o crescimento em pesquisas relacionadas à problemática, é justo pressupor que ocorreram inúmeras mudanças significativas no processo educacional. Portanto ao analisarmos o tema, observamos que a educação tradicional, ainda possui de alguma forma um espaço relevante nas instituições de ensino e percebemos ainda, que para alcançarmos uma educação mais efetiva e que produza bons frutos, estamos ainda muito distante desse objetivo desejado. Como ressalta Grama (2013), temos apenas a retransmissão de um ensino que não foi apreendido, um ensino fechado sem possibilidades de trocas de saberes, evitando o olhar para o concreto do cotidiano, portanto um ensino que não gera reflexão e conseqüentemente não produz uma aprendizagem significativa e a construção de novos saberes.

O ensino-aprendizagem da termodinâmica é na grande maioria das vezes difícil e de sucesso restrito, apesar dos esforços feitos pelos docentes e discentes na área. As maiores dificuldades enfrentadas pelos alunos e apresentadas em trabalhos acadêmicos, referem-se a compreensão e a diferenciação dos conceitos fundamentais para um adequado entendimento da termodinâmica clássica, como por exemplo: calor, temperatura, trabalho, energia, entropia, entalpia, etc.

A motivação de um ensino-aprendizagem da termodinâmica mais eficiente e estimulante foi o que direcionou o desenvolvimento da presente pesquisa, assim como o baixo rendimento escolar observado no ensino da termodinâmica, em particular ao nível universitário. A dificuldade que os alunos apresentam em apreender os conceitos básicos da termodinâmica, e a reduzida capacidade de interpretação e aplicação prática dos conceitos teóricos, bem como a ausência de uma metodologia que contemple um

verdadeiro processo educacional e que produza nos discentes um pensar termodinâmico, influenciou tem influenciado de forma significativa a referente pesquisa.

Diante disso, a nossa meta propõe que as experiências do cotidiano devam ser trabalhadas, integradas ao processo de ensino-aprendizagem da termodinâmica, ou até mesmo inserir no currículo acadêmico, os saberes da vida cotidiana.

Esta perspectiva, embora bastante conhecida e relevante, tem sido pouco mencionada no meio educacional, especificamente na sala de aula através do professor. Uma vez que a ciência da termodinâmica está presente em nosso cotidiano, pois todos os dias vivenciamos os seus efeitos, consequências e benefícios estabelecidos por esta ciência, sejam nas máquinas térmicas, no derretimento das geleiras, no suor do corpo humano e entre outros, torna-se mister trabalhar esses fatos do dia-a-dia em sala de aula.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GERAL**

Analisar e avaliar as dificuldades da relação do binômio ensino-aprendizagem da termodinâmica, encontradas pelos discentes acerca dos conceitos associados à ótica do cotidiano.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Desenvolver uma metodologia que permita uma análise dos problemas ligados ao binômio Ensino-Aprendizagem da termodinâmica.
- Elaboração do questionário com questões concretas e abstratas envolvendo a termodinâmica associada à vida cotidiana do estudante.
- Determinar o tamanho da amostra do sistema.
- Análise estatística das respostas na forma de histograma, teste de hipótese, entre outras;
- Análise dos resultados finais e conclusões.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 O Processo de Ensino e Aprendizagem

Desde muito tempo, vários filósofos como Montaigne, Sócrates, Platão, Aristóteles, entre outros, se preocuparam em buscar soluções para tentar compreender como o ser humano apreende e desenvolve habilidades no processo de ensino-aprendizagem. Nos tempos de hoje não é diferente; vários pesquisadores na área de ensino e aprendizagem apresentam em seus trabalhos as preocupações que os citados filósofos observaram na aprendizagem efetiva dos estudantes (POZO, 2001). As teorias e pensamentos desses renomados filósofos citados acima, ao seu tempo e também nos dias atuais, contribuíram para a promoção do avanço no campo conceitual do processo educacional.

Para Sócrates, o processo de educar não seria o de transmissão de conhecimentos; para ele tal processo não era apreendido, mas simplesmente rememorado. Para Platão a concepção de educação seria que o ser humano já nascia sabendo, ou seja, a criança antes mesmo de nascer já tinha acesso aos conhecimentos e daí começaria a sua formação como cidadão. Aristóteles, ao contrario de Platão, acreditava que o conhecimento era obtido pelas experiências que o ser vivenciava no seu cotidiano e que o conhecimento também era adquirido nas experiências sensoriais que nos permitem formar ideias a partir da associação entre as imagens proporcionadas pelos sentidos. (PEIXOTO e SILVA, 2002).

Dessa forma, surgiram três importantes correntes filosóficas: o racionalismo, o empirismo e o construtivismo com a finalidade de buscar entender como o ser humano adquire conhecimento, ou seja, como ele apreende sobre determinado fato ou como o discípulo (aluno) apreende sobre os assuntos expostos em sala de aula. Observamos que apesar de tantas reflexões sobre o processo de ensino-aprendizagem a situação atual do ensino ainda mostra que os alunos possuem pouca capacidade de resolução de problema e reduzido pensamento crítico reflexivo.

Os filósofos Sócrates, Platão e Aristóteles e entre outros, sempre refletiram acerca das questões sociais, econômicas, políticas e educacionais, com a finalidade de promover metodologias e possibilidades que pudessem solucionar os problemas da sua época, principalmente no que se refere ao processo educacional. Devido à dinâmica social e evolução tecnológica, uma releitura das proposições desses grandes filósofos merece ser realizada, pois as mesmas influenciaram de maneira significativa e de certa forma mudaram o sistema educacional através de seus pensamentos e reflexões filosóficas, abriram novos horizontes para as nossas reflexões pedagógicas, e ainda continuam atuando no pensamento filosófico dos dias atuais. (PAGNI, 2010).

É claro que devemos considerar essas reflexões como base e desenvolver um processo de reavaliação sobre o ensino e aprendizagem da nossa atualidade, retendo aquilo que pode ser útil, criando novas metodologias, que poderão ajudar a solucionar os problemas educacionais de hoje, proporcionando uma aprendizagem mais significativa e prazerosa para os discentes.

Como é conhecido, o processo de ensino e aprendizagem tem passado por diversas transformações, onde varias metodologias de ensino vem surgindo e muitos educadores estão buscando uma forma de estimular os alunos a se interessar e interagir em sala de aula.

No entanto, educar de forma significativa para alguns é algo difícil e sabemos de antemão que não há segredo, todavia é preciso que haja participação efetiva tanto do educador presente em sala de aula para conduzir a aprendizagem, como dos alunos que devem estar aptos a apreender. Embora a aprendizagem seja uma atividade própria dos alunos cabe ao professor facilitá-la e possibilitar aos seus alunos a apreensão e assimilação dos conhecimentos básicos exigidos nas disciplinas em curso, problematizando-os as situações do cotidiano.

Com o avanço da tecnologia, e por meio do acesso à internet que dar-se-á através de computadores, tabletes, celulares entre outros, o meio de aquisição de conhecimento não se restringe apenas a escola por intermédio do professor, deixando o mesmo de ser o detentor absoluto do conhecimento

transmitido, tornando de certa maneira flexível a relação professor/aluno. Diante desse universo tecnológico, os alunos já chegam à sala de aula com uma vasta aquisição de conhecimentos sejam eles científicos ou não, cabendo ao professor nesta era tecnológica, criar metodologias de ensino que chamem a atenção dos alunos, visando a se tornar o protagonista da “história” com uma participação efetiva no processo educacional.

A organização do programa educacional precisa propor desafios ao aluno a elaborar conceitos a partir da problematização e reflexão de situações por eles vivenciadas, evitando dessa forma que o ensino e aprendizagem se restrinjam a conhecimentos fragmentados e abstratos. (FRISON e BOFF, 1996).

Segundo Paula (2003), educar tem como principal objetivo trabalhar a sabedoria dos estudantes, tornando assim um ato prazeroso para os mesmos. O professor, nesta perspectiva, tem uma difícil tarefa de despertar no educando a vontade de estudar, de interagir, de questionar o porquê das coisas, de torná-lo um sujeito ativo no processo de aprendizagem, com aquisição de conhecimentos científicos e comuns. Dessa forma, o aluno tornar-se-ia um cidadão mais crítico fazendo uso da razão para se posicionar e julgar os fatos que ocorrem no meio em que vive, seja na área científica, econômica, política ou social.

A educação não dever ser encarada como a repetição de saberes, de formulas, leis e conceitos, mas sim a transmissão de informações, com a finalidade de despertar nos alunos o interesse pela reflexão nos assuntos expostos em sala de aula. O professor, liberto da educação antiga e tradicional, deve proporcionar aos seus discípulos uma educação libertadora, onde haja troca de novos saberes, novas vertentes, novas teorias, possibilitando assim que todos que fazem parte do processo de ensino e aprendizagem possam escolher, agir e construir cada um a sua própria essência.

O papel do professor deve ser o de orientar a atividade intelectual do aluno, criando situações que favoreçam a aprendizagem, pois a maneira pela qual o professor planeja suas atividades em sala de aula é determinante para

que os seus alunos reajam com maior ou menor interesse sobre os assuntos trabalhados. (GRAMA, 2013).

Diante das diversas pesquisas e estudos relacionados ao processo educacional e as relações entre professor/aluno, e mesmo sabendo que os educadores devem repensar suas práticas pedagógicas em sala de aula, alguns ainda reforçam os valores que justificam uma educação elitizada e alienada da realidade, no qual o aluno é considerado como ser passivo e o professor se coloca como o detentor absoluto do conhecimento, dificultando ainda mais o avanço no processo educacional.

A teoria da aprendizagem significativa, proposta pelo pesquisador norte-americano David Ausubel, é entendida como uma abordagem cognitiva da construção do conhecimento, uma vez que, não é um processo de memorização de conceitos, mas sim um processo cognitivo em que as informações conceituais adquiridas pelos estudantes são ligadas aos conceitos previamente estabelecidos na estrutura cognitiva do aprendiz. Sendo assim, a linha mestra desta perspectiva é a de gerar questões, problemas, que avaliem os conhecimentos prévios que os alunos possuem acerca do conteúdo a ser exposto em sala de aula, promovendo uma aprendizagem mais significativa. (MELLO et.al, 2012).

Assumindo tal construção do conhecimento como uma atividade individual, o processo em si de conceitos em sala de aula seria o resultado da interação dos sujeitos, (professor e aluno), com o objeto de estudo (os conteúdos propostos em sala de aula), enquanto que o meio social é tomado como algo que influencia o processo de ensino aprendizagem. De acordo com Moreira e Masini (1993), só haveria uma aprendizagem significativa se houvesse uma assimilação envolvendo a transformação do conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aluno pelo novo conhecimento proposto.

Dessa forma, ensinar ciências seria um processo pelo qual a exposição dos alunos às situações de conflito do saber científico com os seus conhecimentos do cotidiano, seria o caminho adequado para a superação das dificuldades conceituais, possibilitando assim a construção de novos conceitos

e aprimorando de maneira significativa a aprendizagem. (MOREIRA E MASINI, 1993).

O processo de ensino e aprendizagem ocorre a todo o momento e em qualquer lugar e o desafio do professor moderno é tornar as práticas educativas mais condizentes com a realidade do aluno. Dessa forma, esse processo do ponto de vista educacional envolve o conhecimento formal (Programa de ensino) e o latente (vivência do dia-a-dia), isto é, conhecimentos comuns que provem dos indivíduos e é neste campo de estudo que há necessidade de estabelecer vínculos significativos, entre as experiências de vida do aprendiz e os conteúdos oferecidos nas instituições de ensino. (SANTOS, 2005).

Diante da falta de apreensão, da baixa aquisição de conhecimentos adquiridos pelos discentes, bem como da ausência de motivação dos alunos em sala de aula, ou ainda quando se trata do processo de ensino e aprendizagem bem como estimular os alunos a refletir sobre um determinado conhecimento científico, não podemos ficar vinculados a métodos tradicionais de ensino, pois o uso de novas metodologias pode ser eficiente para consolidar e estimular um aprendizado mais eficiente.

Portanto, a fim de melhorar o processo de ensino-aprendizagem, as universidades consideradas como berço da formação docente, deve buscar promover, nos cursos de graduação e pós-graduação, uma formação adequada para os profissionais que posteriormente atuarão como futuros professores nas mais variadas instituições de ensino.

É evidente que, se faz necessário em nossas universidades formar professores preparados e motivados a trabalharem com novas metodologias de ensino, possibilitando uma mudança no quadro/percepção do binômio ensino-aprendizagem.

## **4.2. Considerações Gerais Acerca dos Métodos Didáticos Utilizados no Ensino-Aprendizagem.**

Nas últimas décadas o mundo tem passado por diversas transformações, sejam elas sociais, culturais, políticas ou geográficas e com a educação não poderia ser diferente. Neste contexto, surgiram várias pesquisas no âmbito do ensino-aprendizagem com a finalidade de aperfeiçoar a forma de transmissão do conhecimento científico para os discentes em sala de aula, uma vez que o método tradicional já não satisfazia mais à formação de cidadãos suficientemente críticos, cultos e preparados para vida. Dessa forma, tornou-se imperiosa a necessidade de modificar as práticas docentes em sala de aula.

Atualmente, os métodos ou técnicas de ensino têm sido objeto de estudo de vários pesquisadores como, (Lacanalho, 2007; Krüger e Ensslin, 2013), sendo considerada uma tarefa bastante complexa e desafiadora.

Essa temática influenciou e continua a influenciar intensos debates e discussões no processo de ensino-aprendizagem e conseqüentemente tem posto a prova vários professores em sala de aula, pois o tema tem trazido aos docentes formados e aos futuros educadores muitas dúvidas, uma vez que, métodos de ensino foram propostos por ser considerados superiores, bem como o melhor método, para solucionar o déficit no binômio ensino-aprendizagem.

Portanto, ao observarmos o cenário atual do ensino-aprendizagem vale salientar que por mais que inúmeros métodos, técnicas de ensino e novas oportunidades de aprendizado tenham sido criados e propostos nos últimos anos a fim de solucionar os problemas no processo de ensino-aprendizagem, podemos constatar, sem muito esforço, que o quadro praticamente não mudou, pois basicamente os métodos estão sendo criados ou recriados apenas para preservar as aparências, para ficar no papel, sem muito uso prático, para somar pesquisas e mais pesquisas na área, não gerando avanços significativos no processo de ensino e aprendizagem.

No entanto, no momento atual, deveríamos apenas falar em resultados dos métodos aplicados em diferentes situações de ensino e não em problemas e dificuldades no processo de ensino-aprendizagem, pois as possíveis soluções já foram criadas e expostas em diversas pesquisas, onde a função do professor dever-se-ia a de aplicá-las e no caso de resultados satisfatórios, deveriam utilizá-las, mas caso contrário, tentar outras variantes até atingir o objetivo desejado, um ensino-aprendizado mais eficaz e estimulante.

Dessa forma, muitos professores que possuem papel fundamental no processo educacional não se preocupam em colocar em prática as teorias e metodologias que foram criadas. Apenas sabem que existem, pois já estudaram a respeito, ou até mesmo já utilizaram alguns dos métodos em suas aulas, a fim de sair da rotina, inovando sua prática educativa. Todavia, infelizmente por ser um planejamento mais trabalhoso que requer mais tempo e dedicação, geralmente o professor acaba retornando ao seu método tradicional de ensino, descartando assim avanços significativos na obtenção de uma aprendizagem sólida.

Para a consolidação do processo de ensino-aprendizagem, o qual é considerado como o resultado da interação de vários fatores principalmente entre educadores e educandos, existe diversos métodos de ensino classificados em passivos e ativos, aplicados cada qual conforme as particularidades do conteúdo a ser ensinado, dos perfis dos professores, dos alunos, do contexto social e cultural, das condições físicas do ambiente e dentre outras. (GOMES, et.al,2013)

Entenda-se aqui como método o caminho para chegar a um determinado objetivo, sejam eles políticos, sociais ou educacionais. Em termos educacionais, o método é a estratégia utilizada a fim de alcançar os objetivos que se sintetizam na aprendizagem. (Rangel, 1999).

Os métodos de ensino estão divididos em tradicionais e modernos (Construtivistas). Os tradicionais são inertes-passivos no processo de ensino-aprendizagem, pois sua estrutura é centrada apenas no professor. Este método, na concepção de Freire (1996) é denominado como "educação bancária" no qual o professor através de aulas expositivas deposita seus

conhecimentos nos alunos, cabendo a estes apenas arquivar o que ouviram ou copiarem as aulas ministradas. Neste sentido, o docente é considerado o detentor do conhecimento e o principal sujeito no processo de ensino-aprendizagem, exigindo do aluno um comportamento passivo e reprodutor de conhecimento.

Os métodos modernos (Construtivistas), originados da nova escola, o professor deixa de exercer papel de autoridade, detentor absoluto do saber e passa a assumir o papel de orientador, onde considera o desenvolvimento natural do aluno e a necessidade de um aprendizado participante e de descobertas, com a finalidade de gerar resultados mais significativos. (SOUZA, et.al,2013; BERTOLINI,2012 ;FABRICIO, et.al.2011).

Os métodos de ensino devem contribuir para um melhor desempenho do processo de ensino-aprendizagem, onde os mesmos devem ser escolhidos de acordo com as necessidades e limitações dos alunos, mas isso nem sempre é uma tarefa fácil. Atualmente o maior desafio do professor é organizar ferramentas capazes de proporcionar uma aprendizagem mais significativa e eficaz para os discentes.

Portanto, com o avanço da tecnologia, os meios de aquisição de informações e conhecimentos, deixaram de serem apenas aqueles fornecidos pelo professor nas instituições de ensino, posto que os alunos já chegam em sala de aula com uma vasta aquisição de conhecimentos sejam estes científicos ou não. Dessa forma, o professor tem tido a necessidade de se adaptar a esta nova era, onde ele já não era mais o detentor do conhecimento. Com isso, teorias foram criadas, recriadas, propondo novas metodologias e estratégias de ensino como a contextualização, os Softwares, a História das Ciências, a Experimentação e o Cotidiano, no intuito de induzir ou facilitar a aquisição e armazenamento de informações, bem como o modo de ensinar e aprender. (BORUCHOVITCH, 1999).

Os métodos e estratégias de ensino possuem um relevante papel no processo de aquisição e interpretação dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes. Assim, com a finalidade de evidenciar o que estamos expondo nesta seção, apresentaremos de maneira sucinta algumas estratégias de

ensino os quais serão detalhados a seguir com o intuito de diferenciarmos a utilização dos mesmos.

### ➤ **Utilização da Contextualização**

A contextualização associada à interdisciplinaridade mostra-se de grande relevância no ensino, uma vez que se propõe a relacionar os conteúdos científicos a diferentes contextos de sua produção, apropriação e utilização. Além disso, vem se constituindo em um importante princípio metodológico no ensino-aprendizagem, devido à necessidade de romper com a forma tradicional de ensino, de apresentar os conteúdos em sala de aula de forma fragmentada e isolada. Propostas com a finalidade de educar para vida têm valorizado assim os conhecimentos prévios (social) dos alunos, sendo traduzida como a educação contextualizada. (LOPES, 2002).

Nesta metodologia, o aluno é considerado um sujeito ativo no processo de ensino-aprendizagem. Os aspectos que são abordados nesta temática podem ser: problemas ou fenômenos psíquicos, físicos, econômicos, sociais, ambientais, culturais, políticos, etc. Uma vez que estes assuntos não precisam estar diretamente ligados aos alunos e desde que os discentes estejam de certa forma envolvidos com a situação apresentada, tais assuntos podem ser trabalhados em sala de aula. (KATO e KAWASAKI, 2011).

### ➤ **Utilização dos Softwares Educacionais.**

Com o advento da tecnologia da informação, os *softwares* educacionais baseados na perspectiva construtivista têm sido bastante utilizados no processo de ensino-aprendizagem, mas, infelizmente, esta ferramenta importante para facilitar as atividades educacionais é ainda de uso restrito dos professores no desenvolvimento de suas metodologias de ensino, pois muitos educadores ainda possuem dificuldades em identificar os benefícios e a funcionalidade dos *softwares*, em auxiliar, bem como, melhorar a qualidade do processo de ensino-aprendizagem. (BERNARDI, 2010; MORAES, 2003).

Os *softwares* são categorizados em educativos e aplicativos, sendo que o principal objetivo dos *softwares* educativos é o de facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Uma vez que existem diferentes tipos, cada um deles possuem suas características e funções próprias, eles podem ser classificados em simulação, tutoriais e jogos educacionais. Os *softwares* ditos aplicativos são utilizados com a finalidade de auxiliar a produção dos *softwares* educacionais e também no apoio aos processos de administração nas instituições de ensino. (MORAES, 2003; RODRIGUES, 2006).

Nesta perspectiva, os educadores devem utilizar os *softwares* educativos a fim de favorecer efetivamente o processo de formação do conhecimento do educando. Entretanto, a aplicação dessa tecnologia não deve de modo algum tornar desnecessária a presença do professor. Neste método, tanto o aluno como o professor são sujeitos no processo de ensino-aprendizagem, sendo que o educador possui papel fundamental, pois o mesmo interage diretamente com o discente, a fim de sanar possíveis dúvidas, na construção dos saberes científicos e sociais adquiridos. (MORAES, 2003).

### ➤ **Uso da História das Ciências**

A história faz parte de uma metodologia importantíssima para explicar a origem dos vários conceitos, fórmulas e postulados, sendo utilizada com a finalidade de trabalhar os assuntos estudados em sala de aula no contexto da sua gênese. A utilização da história no ensino-aprendizagem não é uma tarefa simples, pois para muitos estudantes a história e os outros componentes curriculares são coisas totalmente distintas, não conseguindo fazer qualquer tipo de relação ou interação. (HÜLSENDEGER, 2003; SCHENDER, 2013; QUINTAL e GUERRA, 2009).

Segundo Schender (2013), existe uma barreira construída que separa as ciências exatas das demais áreas do conhecimento, limitando a visão cognitiva do aluno. Neste sentido, cabe ao professor destacar que não existem disciplinas solitárias, independentes, mas que há interdisciplinaridades que envolvem todas as ciências.

### ➤ **Utilização das Atividades de Experimentação.**

As atividades experimentais são consideradas por diversos educadores como indispensável para a eficácia no desempenho do processo de ensino-aprendizagem, sendo considerada ainda para o ensino de ciências, como essencial para a aprendizagem científica. Neste contexto, a experimentação desperta um forte interesse entre os alunos de diferentes graus de maturidade acadêmica, tornando-os mais motivados a apreender sobre determinado assunto exposto em sala de aula. (ROSITO, 2008; REGINALDO et.al.2012; PACHECO, 1997).

A experimentação permite uma maior interação entre o professor e o aluno, onde objetiva dar significados reais às teorias estudadas em sala de aula. Sendo assim, a experimentação é uma metodologia bastante difundida no ensino de ciências, configurando-se em uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação. (GUIMARÃES, 2009).

No entanto, os educadores têm encontrado vários obstáculos na utilização das atividades experimentais, tanto em sala de aula como nos laboratórios devido a fatores, como a falta de estrutura dos laboratórios, a carência de matérias, a falta de vidrarias e reagentes nos laboratórios, o tempo curto para aplicação dos experimentos. Além disso, as turmas extremamente grandes desfavorecem as aulas práticas, bem como a dificuldade de controlar todos os alunos no laboratório e realizar os experimentos ao mesmo tempo. Estes problemas têm desmotivado os professores de ciências a fazerem uso dessa metodologia.

### ➤ **Uso dos Fatos do Cotidiano no Ensino-Aprendizagem.**

A utilização deste método no ensino-aprendizagem é bastante conhecida, constituindo-se uma metodologia de ensino baseada na utilização de fatos do dia-a-dia para capturar conteúdos científicos, a fim de tornar os assuntos mais compreensíveis, bem como estimular a curiosidade dos alunos,

tornando-os mais motivados para adquirir os conhecimentos expostos pelo professor. (WARTHA, 2013).

Sendo o processo educacional a troca de saberes entre a teoria e a realidade (Grama, 2013), é necessário que os saberes científicos estejam vinculados ao cotidiano do estudante. Entretanto, alguns educadores ainda não conseguem em sala de aula fazer a interação entre o saber exposto e a vivência dos alunos. Além disso, o tal método é difícil de ser aplicado, pois a maioria dos professores ainda considera desnecessária e de pouca importância tal relação.

O educador deve ser o catalisador do processo de ensino-aprendizagem, demonstrando que possui capacidade de relacionar as situações mais complexas e abstratas da sala de aula com outras mais simples do dia-a-dia, (Frison e Boff, 1996). Os resultados obtidos com a utilização deste método mostram que os alunos tornam-se mais participativo nas aulas facilitando assim, a compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula. (WARTHA, 2013).

Como mencionado, as metodologias acima vêm sendo amplamente utilizadas para a melhoria do ensino-aprendizagem, mas é facilmente observável que mesmo considerando as grandes mudanças ocorridas no cenário educacional e progressos significativos nos diversos métodos de ensino desenvolvidos, a evolução efetiva da educação ainda não aconteceu e estamos praticamente na mesma situação no que refere-se ao processo de ensino-aprendizagem.

O professor ensina, mas a grande maioria dos alunos não apreende. Por quê? Onde erramos? O que faltou? Porque os métodos propostos não produziram os efeitos desejáveis? Portanto, tais questionamentos ainda perpassa toda pesquisa bibliográfica.

Portanto, é exatamente neste ponto que entra um bom professor dedicado, que é mestre e como mestre conhece as limitações e dificuldades dos seus alunos, estando sempre em busca de novos conhecimentos,

renovando suas estratégias de ensino, a fim de superar o déficit no binômio ensino-aprendizagem e tornar as suas aulas mais agradáveis e prazerosas.

### 4.3. Estado da Arte

#### *Ensino e Aprendizagem da Termodinâmica*

O professor, principal membro do processo educacional, deve buscar soluções para melhorar de maneira significativa o ensino-aprendizagem. Vários pesquisadores como Pregnoatto e Silva (1999) têm se ocupado em elaborar novas metodologias de ensino, que possibilite aos alunos superar suas dificuldades com relação aos assuntos “chave” que compõem os conteúdos da termodinâmica básica.

A seguir, apresentamos uma síntese de pesquisas realizadas por pesquisadores da área, sobre as dificuldades vivenciadas pelos estudantes acerca do processo de ensino-aprendizagem relacionados ao estudo e conhecimento de conceitos básicos da termodinâmica. Algumas delas serão explanadas mais detalhadamente que outras, dependendo do grau de interesse para o nosso trabalho e a disponibilidade do material completo de cada pesquisa.

#### **a) BARKER E MILLAR (2000)**

Barker e Millar observaram as dificuldades que os estudantes apresentavam no curso avançado de química, a respeito de ligações químicas envolvendo conceitos sobre ligações covalentes, iônicas e intermoleculares. Os alunos foram analisados por meio de perguntas, no decorrer do curso com duração de vinte meses, sendo avaliados em três ocasiões:

- No início do curso,
- Depois de oito meses de curso iniciado,
- E aos dezesseis meses do curso iniciado.

Os resultados mostraram que no início do curso, os alunos demonstraram pouco entendimento sobre o assunto. À medida que o curso progredia, as concepções dos alunos se tornaram mais consistentes. Segundo

os autores, ao final do curso a maioria dos alunos que participaram do processo e responderam as perguntas, apresentaram respostas cuja linguagem se aproximou do padrão de um químico profissional (de um especialista químico).

No entanto, alguns conceitos de ligações químicas, incluindo as ligações iônicas permaneceram de difícil compreensão para os discentes, embora para os autores tais conceitos tenham ficado claramente explícito nas aulas.

Ainda de acordo com os autores, muito embora os resultados tenham sido obtidos após os dezesseis meses da iniciação do curso de química, este estudo foi de grande relevância. Ao final, sugeriram que em algumas áreas (temas, conteúdos) uma revisão das estratégias de ensino seria essencial.

#### **b) BOO e WATSON (2001)**

De acordo com a teoria construtivista de aprendizagem, os alunos já entram na sala de aula com concepções alternativas já formadas, resultados de suas interações com o mundo em que vivem. Estas concepções alternativas influenciam na forma como os mesmos interpretam e constroem suas novas concepções em química. (BOO E WATSON, 2001).

Sabendo que a maior dificuldade para os estudantes das escolas de ensino médio no Reino Unido era a compreensão acerca de como as reações químicas ocorrem, os autores direcionaram seus estudos para explorar a base conceitual dos estudantes sobre vários aspectos desses conceitos, utilizando para coleta de dados à técnica de entrevistas.

Os alunos foram avaliados no início do ano letivo, e novamente um ano depois, com a finalidade de observar o avanço no campo conceitual dos entrevistados (aluno) acerca dos conceitos de reação e ligações químicas.

As questões da entrevista foram elaboradas com base em duas reações químicas, a reação de magnésio com ácido clorídrico diluído e a reação do nitrato de chumbo aquoso com cloreto de sódio aquoso. As reações utilizadas foram aquelas que os estudantes já estavam familiarizados.

Visando direcionar as respostas dos alunos, a entrevista foi baseada em quatro perguntas (questionamentos) chave sobre as reações químicas em solução, como apresentado abaixo:

- O tipo de reação que ocorre (exotérmica ou endotérmica).
- A mudança global de estado de energia.
- Como ocorre o processo de liberação ou consumo de energia.
- Qual a força motriz para a ocorrência da reação e por que eles achavam que tal alteração energética ocorreu.

De acordo com Boo e Watson (2001), os resultados mostraram que os alunos progrediram na compreensão dos conceitos das reações químicas em estudo, mas ainda alguns equívocos fundamentais permaneceram, como por exemplo: a compreensão das mudanças de energia envolvida, o processo da reação, a força motriz para a reação e conceitos relacionados à entropia.

#### **c) EBENEZER E FRAZER (2001)**

A análise foi aplicada a alunos do primeiro ano de Engenharia Química, onde os pesquisadores Ebenezer e Frazer avaliaram as interações mais complexas, tais como as ligações existentes entre o soluto e o solvente no processo de dissolução.

Esse estudo tinha como finalidade de examinar as concepções e percepções dos alunos acerca das mudanças de energia que ocorre na dissolução de um sal.

Os autores fizeram uso de uma metodologia baseada em entrevistas sobre exemplos físicos. Eles optaram por três exemplos, conforme apresentados a seguir, para serem trabalhados com os alunos em sala de aula.

- Tarefa A: Cloreto de sódio (solução em água)
- Tarefa B: Hidróxido de sódio (solução em água)
- Tarefa C: Tiosulfato de sódio (solução em água).

A pesquisa dos autores empregou uma perspectiva metodológica fenomenográfica, a qual partilha com o construtivismo a crença na reconstrução do pensamento, onde cabe ao próprio estudante o poder de decidir sobre o seu processo de aprendizagem, no qual o seu pensamento analítico resultaria de um trabalho reflexivo das suas concepções e ações sobre o mundo e da interação com os outros.

A palavra fenomenográfica possui duas raízes: “fenômeno” (*phainesthai*), que significa tudo quanto é percebido pelos sentidos e “grafia” (*logos*), que se refere à representação ou esquema. A perspectiva fenomenográfica está relacionada com a fenomenologia (que busca a essência das coisas) e tem como objetivo investigar a experiência que as pessoas possuem (adquirem/constrói absorve) da realidade e o modo como representam (interpretam) os fenômenos. (FREIRE, 2009).

A metodologia fenomenográfica foi utilizada pelos autores, com a finalidade de documentar, analisar, descrever e compreender as concepções dos estudantes para o ensino de energia no processo de solução. O método utilizado pelos pesquisadores tem se constituído em uma abordagem diferente para o ensino de termodinâmica, proporcionando aos alunos uma construção de conhecimento e uma aprendizagem significativa.

#### **d) GREENBOWE E MELTZER (2003)**

Estes investigadores observaram na literatura da educação científica que a calorimetria tem recebido pouca atenção dos pesquisadores na área de termodinâmica. Em sua pesquisa, Greenbowe e Meltzer relataram uma análise detalhada sobre o desempenho de alunos em uma aula do curso introdutório de química, sobre o tema calorimetria.

Os estudos consistiram de identificar e analisar se os alunos tinham dificuldade no assunto exposto em sala de aula. Os resultados obtidos mostraram uma série de dificuldade na aprendizagem de calorimetria.

### e) MARÉCHAL E BILANI (2008)

Os autores Maréchal e Bilani, através de pesquisas anteriormente realizadas, onde algumas também são citadas neste trabalho, apresentaram as dificuldades que os alunos tinham em conceitos básicos, os quais são considerados conceitos “chaves” para adquirir uma aprendizagem significativa no campo conceitual da termodinâmica.

A pesquisa teve como foco principal o conceito de energia, de calor de reação, de energia de ligação e de mudanças de estado, do ponto de vista micro e macroscópico.

A metodologia do trabalho de Maréchal e Bilani estabeleceu uma série de etapas cuja finalidade tratava de propor uma nova metodologia de ensino para melhorar o aprendizado dos alunos. As etapas são as seguintes:

- Etapa 1: Testar os conhecimentos prévios dos alunos
- Etapa 2: Usar aulas experimentais baseadas em um experimento clássico de calorimetria.
- Etapa 3: Organizar com base em uma simulação na qual apresentou-se tanto situação micro como macroscópica do ponto de vista do calor da reação.
- Etapa 4: Nesta última etapa foi solicitado aos alunos que ilustrassem, como poderia ser descrita a energia envolvida na quebra de ligações intermoleculares(mudança de estado) e ligações intramolecular (reações químicas).

Para minimizar o déficit no ensino aprendizagem de Termodinâmica os pesquisadores introduziram uma sequência de ensino inovador, no qual o modelo tem sido útil para confrontar os alunos com várias situações e métodos de abordagem de um mesmo assunto.

Os autores concluíram que embora a avaliação da proposta tenha sido interessante, os alunos ainda apresentavam dificuldades no assunto. Afirmaram ainda, que o processo de aprendizagem de termodinâmica é longo e difícil, e que as concepções dos alunos eram difíceis de mudar.

**f) SOKRAT. et al (2013)**

O objetivo principal da pesquisa era investigar as dificuldades na interpretação de conceitos em Termodinâmica, bem como identificar as causas das dificuldades enfrentadas pelos estudantes, para então oferecer soluções metodológicas para o problema.

A pesquisa foi realizada com alunos do primeiro e último ano do curso de graduação em Engenharia Química, tendo como base as dificuldades dos estudantes no campo conceitual da Termodinâmica Química. Os dados foram coletados através de questionários, onde o mesmo foi dividido em três partes:

**I. A habilidade geral dos alunos.**

Nesta parte do questionário, os pesquisadores avaliaram a capacidade dos estudantes em lê e escrever em francês e a capacidade de raciocínio matemático.

**II. As condições do ensino.**

Indagaram os estudantes se o conteúdo exposto era apropriado para o seu nível de conhecimento e se haveria coerência entre o que era ensinado em sala de aula e a avaliação dos conhecimentos (prova). Questionou-se ainda, a respeito da infraestrutura da instituição, como local, equipamentos e materiais didáticos e outros.

**III. As dificuldades dos alunos nos conceitos de Termodinâmica Química:**

Perguntaram aos alunos acerca dos conceitos de difícil compreensão e quais os meios ou métodos de ensino que podem ser utilizado no ensino e aprendizagem da Termodinâmica Química, analisando o que poderia ser feito para minimizar as dificuldades dos alunos.

Os pesquisadores observaram também a grande ocorrência de notas baixas do curso de Química na disciplina de Termodinâmica, indicando as dificuldades na aprendizagem dos alunos da Faculdade de Ciências de Bem M'Sik Casablanca/Marrocos.

Através dos resultados obtidos, os autores concluíram que as dificuldades no processo de aprendizagem da Termodinâmica são decorrentes da insatisfação da grande parte dos estudantes, com os métodos tradicionais de ensino.

Vale ressaltar que as pesquisas citadas acima foram fundamentais para execução da nossa análise, no ensino e aprendizagem da termodinâmica, pois as teorias encontradas dialogam e comprovam o teor e a credibilidade do estudo que estar sendo realizado bem como para alicerçar à mesma. Temos conhecimento que o problema no processo de aprendizagem de conceitos básicos da Termodinâmica não é novo e desde algum tempo existem pesquisas relacionadas ao tema. No entanto notamos que, apesar de existir muitas contribuições para minimizar esse problema, o dilema continua, e a termodinâmica continua sendo um dos sérios entraves nos cursos de graduação.

#### **4.4. Os Fatos do Cotidiano como Estratégia Metodológica no Ensino-Aprendizagem da Termodinâmica.**

A definição elementar da termodinâmica é bastante conhecida, mas para iniciarmos nossas discussões sobre o tema vale apenas lembrá-la. A termodinâmica é uma ciência interdisciplinar que faz associação entre a química e a física. Não podemos falar em processos químicos, sem falar na termodinâmica, pois para todos os processos químicos existe por trás um estudo termodinâmico. (FURUKAWA, 2011)

Fundamentada em leis e princípios, a termodinâmica foi desenvolvida durante a revolução industrial por físicos e engenheiros, com a finalidade de descrever e avaliar o desempenho das máquinas a vapor no século XIX. A primeira, segunda e terceira lei da termodinâmica são os seus princípios básicos, que são aplicadas a todos os campos das ciências e das engenharias. Elas fornecem estimativas de propriedades na ausência de dados experimentais, utilizando uma pequena quantidade de variáveis, a saber: Temperatura, Pressão, Volume e Número de Moles, ou seja, em variações mensuráveis onde sua validade está fundamentada no seu lastro teórico consistente. (SMITH, et.al, 2007).

Dessa forma, é indispensável o ensino pleno e eficaz dessa ciência, pois é através de análises termodinâmicas que vem surgido importantes projetos de sistemas geradores de energia, reatores químicos, equipamentos com equilíbrio de fase, bem como seu aperfeiçoamento visando o aumento de sua eficiência. (FERNANDES et.al,2006).

A termodinâmica é também uma ciência que está presente no nosso cotidiano, com aplicações que têm sido evidentes desde a revolução industrial até os dias de hoje. Pode-se dizer que sem a termodinâmica não se poderia criar e recriar muitas coisas, e conseqüentemente os avanços tecnológicos nas mais diversas áreas não haveria alcançado muito sucesso. Com efeito, o ensino da termodinâmica não pode ser considerado apenas pelos conceitos

mais puros e refinados, desconsiderando-se a associação elementar com o cotidiano.

Diante disso, faz-se necessário que os alunos adquiram uma aprendizagem significativa e sólida acerca dos conceitos básicos da termodinâmica, para que possam identificar e associar como os fatos acontecem, uma vez que tudo que existe no mundo possui uma explicação científica decorrente.

Sabemos que, apesar dos esforços do professor e mesmo considerando o avanço da tecnologia, o ensino-aprendizagem da termodinâmica é ainda, na grande maioria das vezes de sucesso restrito, pois a disciplina é considerada de difícil compreensão e requer a utilização de outros conceitos fundamentais. Além desses, podemos considerar outros fatores que distanciam os alunos do ensino da termodinâmica, como a necessidade de conceitos matemáticos ainda que incipientes, que torna a exploração dessa disciplina susceptível a incompreensões.

Todo profissional que lida com o ensino da Termodinâmica conhece as dificuldades em relacionar os conceitos expostos em sala de aula, com o cotidiano do alunato, e geralmente, não se consegue estabelecer tal relação. Isto ocorre principalmente diante do cenário atual da educação que prioriza apenas a transmissão de informação sem qualquer ligação com os conhecimentos prévios dos alunos.

A opção por uma metodologia de ensino voltada para os fatos que ocorrem no cotidiano deve ser levada em consideração por parte do professor em sala de aula, incentivando o estudante a ser um cidadão crítico, onde o mesmo deve ser capaz de se posicionar cientificamente acerca dos diversos fatos que ocorrem em seu dia a dia.

O ensino da termodinâmica ocorre ainda em muitas situações de forma tradicional, onde os professores ao explicarem algum conteúdo fazem apenas deduções de cálculos matemáticos e, como resultados, esperam que os alunos sejam capazes de resolver questões exatamente iguais. No entanto, é claro

que os cálculos são na maioria das vezes indispensáveis, mas não mostram a essência, omitindo a parte boa e interessante da termodinâmica prática.

O resultado desse ensino tradicional indica que os alunos encontram sérias dificuldades em dominar os conceitos básicos, e conseqüentemente consideram a mesma desagradável, mesmo tendo a consciência de sua incidência na sua vida diária.

Para tornar a aprendizagem da termodinâmica mais eficiente, é necessário que haja modificação na metodologia de ensino, e uma das formas mais interessantes é relacionando os temas expostos em sala de aula pelo professor com o cotidiano do aluno, com perguntas que podem estimular os estudantes a pensar o porquê das situações, como por exemplo:

- Por que a roupa seca no varal?
- O que acontece no processo de encher e esvaziar um balão de festa?
- Por que os astros e planetas são esféricos?
- Existe algo fora do nosso universo?
- Como determinar a temperatura na ponta do cigarro?

Essas e outras situações presentes em nosso cotidiano podem ser utilizadas como forma de construir uma metodologia prática relevante para mitigar o árduo ensino e aprendizagem da termodinâmica, tornando a mesma mais agradável e prazerosa para o alunato.

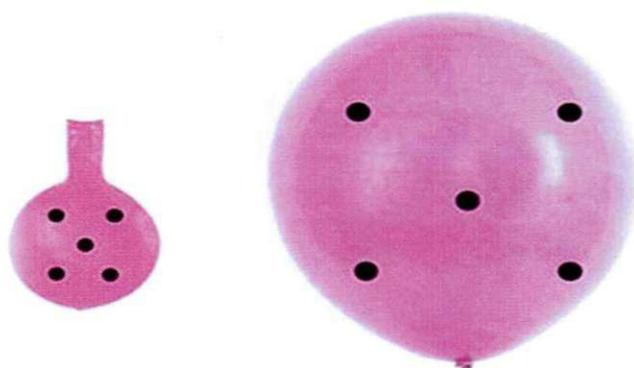
Para materializar as nossas discussões e mostrar que podemos relacionar os conceitos básicos da termodinâmica com os fatos do dia-a-dia, selecionamos para análise alguns casos típicos que foram citados anteriormente.

### ***O Caso Típico do Balão de Festa de Criança***

Consideremos a ação de encher e esvaziar um balão de festa (**Figura1**). Este caso típico é de fácil observação, com conteúdos a serem

substancialmente explorados do ponto de vista termodinâmico. Todavia, a análise termodinâmica do sistema parece bastante complicada do ponto de vista do observador, ou seja, do aluno. Conceitos de irreversibilidade, reversibilidade, relações entre pressão e volume, trabalho, estão claramente embutidos nesse experimento simples e que pode ser realizado em sala de aula.

**Figura 1: Encher e esvaziar balão**



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>

A questão que se apresenta ao aluno é como associar os conceitos teóricos com a abordagem prática que ele experimenta todo dia; como explicar as relações entre pressão e volume enquanto o balão é enchido e no caso de uma vez cheio de ar, ser perfurado, ou seja, quando o estouramos. É solicitado também que represente tal relação na sua forma gráfica.

Ao exemplificar os processos de irreversibilidade e reversibilidade, podemos se apropriar do balão de festa como instrumento de ensino, aplicando analogias de quando estoura e enche o balão, a fim de ilustrar tal processo de maneira simples. Dessa forma podemos fazer uso do gráfico de pressão versus volume (PV), bastante conhecido na termodinâmica, para responder de maneira clara e objetiva a questão que se coloca. A tradicional análise do movimento do pistão pode e deve ser usada para comparações conceituais.

### ***A secagem de roupas no varal***

Uma situação bastante corriqueira e de fácil observação em nosso cotidiano são roupas secando no varal (**figura 2**); um exemplo prático que pode ser explorado no decorrer de aulas termodinâmicas para explicar de maneira simples e interativa a questão do equilíbrio entre o líquido e o vapor, energia de Gibbs, entropia e entre outras propriedades de estado.

**Figura 2: Representação de roupas secando no varal**



Fonte: <http://www.bolsademulher.com>

A questão que se coloca é a seguinte: sabendo-se que a temperatura de ebulição da água é de  $100^{\circ}\text{C}$  a uma pressão de  $1\text{atm}$ , fato substancialmente vivenciado no dia-a-dia, porque a roupa seca no varal, ou seja, a  $\pm 30^{\circ}\text{C}$ ? Ainda é solicitado explicar termodinamicamente tal fenômeno de forma a considerar as grandezas que representariam de maneira satisfatória tal situação.

Contudo, a nossa intenção nesta questão não era a de obter dos alunos as respostas do conhecimento comum, uma vez que os estudantes seriam aqueles que já tinham se deparado em sua formação acadêmica com o equilíbrio termodinâmico. O que esperávamos dos discentes era que, na formulação das suas respostas, levassem em consideração o equilíbrio entre as fases líquida e vapor.

## Seria possível determinar a temperatura na ponta do cigarro?

Figura 3: Representação do cigarro

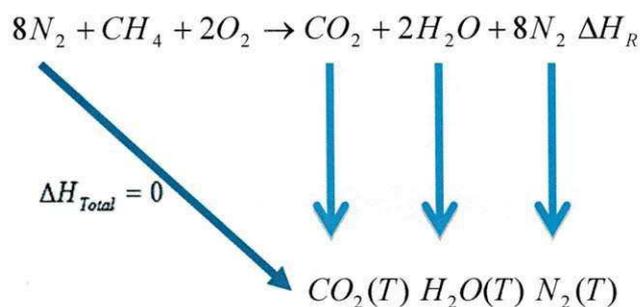


Fonte: <http://variadosoaki.spaceblog.com.br>

A queima do cigarro é bastante corriqueira em nosso cotidiano, cuja determinação da Temperatura é de difícil resposta mesmo considerando os livros científicos dirigidos a esta questão. O que relato aqui é uma resposta oriunda de experiências em sala de aula, através de explicações do professor de Termodinâmica que ministrou no período 2013.1 a disciplina no curso de mestrado em Engenharia Química do PPG/UAEQ.

Como contador de histórias, o professor relatou que quando trabalhava em uma fábrica como engenheiro, ao chegar ao trabalho se deparou com uma situação bastante complexa, a qual não tinha vivenciado em suas experiências: o forno da fábrica estava inoperante, uma vez que os tijolos refratários tinham caído de suas paredes.

Ainda segundo o professor, conhecendo-se a equação teórica da reação de combustão do metano ( $\text{CH}_4$ ) mostrada abaixo, é possível determinar a temperatura máxima do processo de combustão.



O simples fato de escolher o refratário mais resistente à temperatura inviabilizaria a recuperação do forno. Neste sentido, a aplicação dos conhecimentos de Termodinâmica revelou a solução economicamente viável para a recuperação do forno.

A Temperatura final do processo também conhecida como Temperatura Adiabática de Chama pode ser então estabelecida. Portanto, usando-se a mesma estratégia de cálculo, a temperatura da ponta do cigarro pode ser facilmente determinada.

***Podemos afirmar que existe algo fora do nosso universo?***

**Figura 4: Representação do universo**



Fonte: <http://hypescience.com/>

Interpretando as leis da termodinâmica, particularmente a primeira lei, podemos considerar que não existe algo fora do universo em que vivemos, definindo o universo como tudo aquilo que imaginamos mais aquilo que não imaginamos. Sendo assim, toda a energia contida nele é constante, conforme rege o postulada básico da Termodinâmica.

Esta, entre outras situações e fenômenos corriqueiros do dia-a-dia mencionados acima é uma excelente ferramenta, que pode tornar as aulas de termodinâmica mais agradáveis e conseqüentemente amenizar o déficit no ensino e aprendizagem da termodinâmica, com esboço simples, buscando um ensino voltado para a realidade palpável do aluno.

## 5. METODOLOGIA

Com a finalidade de investigarmos a situação real de gravidade na qual supúnhamos encontrar o ensino-aprendizagem da termodinâmica nas instituições de ensino superior e técnico, assim como nas demais aplicações associadas aos fatos do cotidiano do educando, seguimos os seguintes passos metodológicos:

### ***1º Passo: Levantamento Bibliográfico.***

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico a fim de identificarmos outras pesquisas relacionadas com as dificuldades no ensino-aprendizagem da termodinâmica. Tendo em vista as pesquisas bibliográficas realizadas na área do ensino-aprendizagem da termodinâmica, constatamos através de trabalhos realizados por Ebenezer e Frazer (2001), Boo e Watson (2001), Maréchal e Bilani (2008), Goedhart e Kaper (2003), Erickson (1979), Barker e Millar (2000), Sokrat et.al (2014), Jeppsson e Haglund (2012) e outros, a baixa apreensão de conhecimentos básicos na área de Termodinâmica, assim como a ausência de aplicações dos conceitos dirigidas ao cotidiano do aluno.

### ***2º Passo: Elaboração e avaliação do Questionário.***

A fim de coletarmos informações acerca dos conhecimentos e concepções dos estudantes com relação ao saber científico termodinâmico sob a ótica do cotidiano, utilizou-se como instrumento para aquisição de dados um questionário composto por questões qualitativas, onde o mesmo foi elaborado com base nos conceitos básicos da termodinâmica e os fatos do cotidiano do estudante.

As questões foram avaliadas com conceitos de zero a dez, visando o tratamento de forma quantitativa. Os critérios de avaliação foram direcionados à identificação dos fatores capazes de diagnosticar o baixo desempenho do alunato. Vale salientar que o questionário foi aplicado aos alunos de graduação de algumas universidades e Institutos Federais da região, os quais são

caracterizados apenas símbolos, evitando uma exposição desnecessária dos resultados.

O desempenho do aluno acerca do questionário foi avaliado segundo os critérios expostos na **Tabela 1**.

**Tabela 1: Avaliação do Questionário**

• <b>Muito Bom</b>	<b>(8,5-10)</b>
• <b>Bom</b>	<b>(6-8,5)</b>
• <b>Regular</b>	<b>(6-5)</b>
• <b>Insuficiente</b>	<b>(&lt;5)</b>

**3° Passo: Aplicação do Questionário e codificação das instituições pesquisadas.**

O questionário foi aplicado ao seguinte universo amostral:

**Alunos de Graduação dos Cursos:**

A. Engenharia Química (UFCG):

- Turma1- Início do curso
- Turma 2- Termodinâmica 1-final do curso

B. Química Industrial (UEPB)

- Turma-Termodinâmica 2

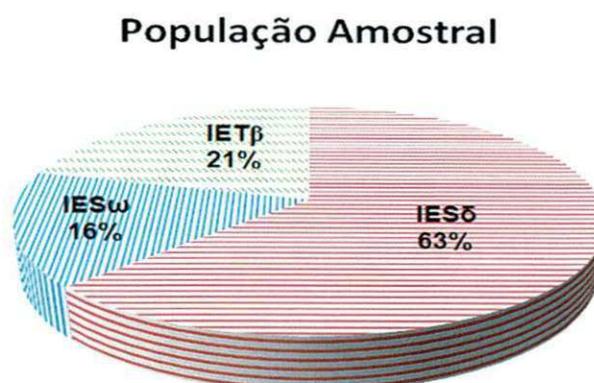
**Alunos do Ensino Médio Técnico:**

C. Petróleo e Gás (IFPB).

- Turma-Química do Petróleo (Último período)

A população de alunos analisados está representada na **Figura 5**.

Figura 5: Gráfico universo amostral



Evitando expor as instituições de ensino ao publicarmos os resultados, foi estabelecido um código para identificarmos cada instituição de ensino pesquisada.

Tabela 2: Nomenclatura das instituições de ensino analisadas

<i>Turmas</i>	<i>Nomenclatura</i>
A. EQ (UFCG) início do curso.	IESδ1
B. EQ (UFCG), final curso.	IESδ2
C. Química Industrial (UEPB).	IESω
D. Petróleo e gás (IFPB).	IETβ

EQ denota Engenharia Química.

#### **4º Passo: Análise dos dados coletados**

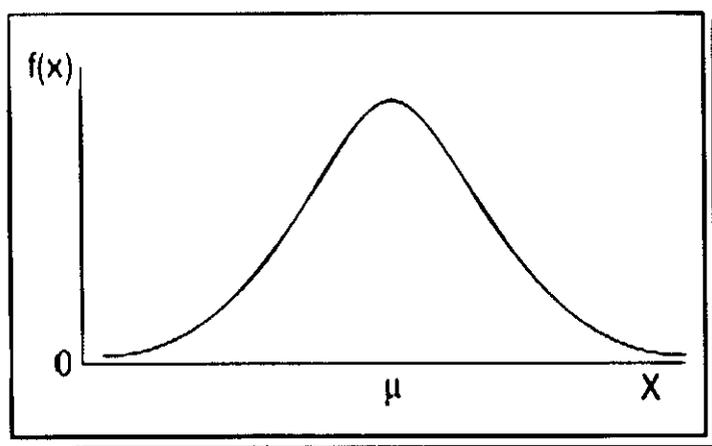
A partir da análise quantitativa do questionário, a análise estatística (descritiva) tão usada para organizar os dados, realizada através de um histograma e da estatística indutiva com o intuito de obtermos os parâmetros indicativos acerca da população em estudo.

Do conjunto de dados coletados, foi possível, analisar e interpretar os fatores que influenciam o ensino-aprendizagem, bem como a motivação ou não dos estudantes na obtenção de um saber científico em termodinâmica química, como uma ciência presente em seu cotidiano.

O conhecimento das restrições sobre o universo pesquisado foi essencial em nossa pesquisa de campo gerar uma população amostral significativa, já que as amostras muito grandes demandam mais tempo de manipulação e estudo e as amostras muito pequenas são menos precisas e pouco confiáveis. Daí a necessidade de determinarmos o tamanho da amostra. Para isso, fizemos uso da distribuição normal, distribuição bastante conhecida e familiar em análise estatística, a qual foi utilizada para descrevermos a população amostral, de maneira que a mesma esteja inserida no contexto que desejamos analisar.

O gráfico que representa uma distribuição normal é uma curva em forma de sino, também conhecida como curva de Gauss. Esta distribuição é fundamental em ciências, pois dados distribuídos segundo uma normal ocorre naturalmente em muitas medidas de situações físicas, biológicas e sociais, sendo essencial para inferência estatística. (PASQUALI, 2006). Além disso, as distribuições tendem para uma distribuição normal sempre quando o número de dados aumenta.

**Figura 6: Gráfico da distribuição normal**



A **Figura 6** representa graficamente uma típica distribuição normal, cuja simetria é uma de suas propriedades determinantes. Os parâmetros que caracteriza essa curva é a média, que indica o centro da distribuição e a variância que indica o grau de dispersão da distribuição.

Uma variável aleatória que possui distribuição normal tem sua função de densidade de probabilidade dada pela seguinte equação:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

A distribuição normal revela-se importante, pois ela também serve de aproximação para o cálculo de outras distribuições. Entretanto, para o cálculo da função-f(x), surgem dois problemas: a integração de f(x) é muito complexa, pois não tem solução analítica, sendo seu cálculo realizado numericamente e desde que a função depende da média e da variância que são particulares a cada problema, é necessário padronizar a distribuição normal para a normal padronizada, para maior eficiência do seu uso. A padronização dar-se-á pela variável z dada abaixo.

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_{\bar{x}}}{\sigma_{\bar{x}}} \quad (2)$$

Na normal padronizada, a média é tomada como o índice de tendência central e o desvio padrão como uma medida de afastamento da média ou índice de dispersão. A distribuição simétrica, caracterizada com  $\mu$  (média) = 0 e o  $\sigma$  (desvio padrão) = 1, mostra-se possível ser tabulada, tornando os cálculos de baixa complexidade por intervalos de reduzida amplitude. Uma interpolação linear deve ser usada em casos mais rigorosos.

Ao estabelecermos os limites do universo dos resultados possíveis estamos cometendo erros, uma vez que valores efetivamente robusto-sadios, e que estão fora do universo denominado de população, passam a ser considerados espúrios e como resultado, deriva-se o erro  $\alpha$  ou do tipo I.

Outra consideração importante é o desvio padrão da média amostral dado por:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma_x / \sqrt{n} \quad (3)$$

“n” é o tamanho da amostra,  $\sigma_{\bar{x}}$  é o desvio padrão da amostra e  $\sigma_x$  é o desvio padrão da população.

Substituindo à equação (3) na equação (2) e reorganizando a mesma, obtemos:

$$\bar{x} - \mu_{\bar{x}} = \pm z \sigma_x / \sqrt{n} \quad (4)$$

O termo  $[\bar{X} - \mu_{\bar{X}}]$  é definido como a precisão do erro em relação à média. Dessa forma, resulta a seguinte equação:

$$erro = \pm z \sigma_x / \sqrt{n} \quad (5)$$

Rearranjando a equação (5) e introduzindo o limite do universo expresso pelo erro  $\alpha$  podemos obter o tamanho da amostra “n”, resultando em:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \sigma_{\bar{x}}}{erro} \right)^2 \quad (6)$$

Onde  $n$  é o número de indivíduos da amostra,  $Z_{\alpha/2}$  é o valor crítico e  $\sigma_{\bar{x}}$  é o desvio padrão amostral.

Ainda referente à análise dos dados coletados, um procedimento clássico que permite verificar se as amostras provêm do mesmo universo de resultados possíveis está associado a uma ferramenta bastante comum em análise estatística, a saber: o teste de hipótese.

O objetivo da utilização deste teste é fazer inferências estatísticas sobre a população em estudo, ou seja, sobre os parâmetros da distribuição. O teste trata de duas hipóteses: a Hipótese nula ( $H_0$ ) e a hipótese alternativa ( $H_1$ ). O procedimento segue o formalismo matemático, apresentado na **Tabela 3**:

**Tabela 3: Hipóteses a serem testadas para comparações de médias**

<b>Hipótese Nula</b> ( $H_0$ )	$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$
<b>Hipótese Alternativa</b> ( $H_1$ )	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Desde que os desvios padrões ( $\sigma$ ) da população não são conhecidos, recomenda-se o uso da estatística  $t$  de Student para realizar o teste. Para a realização do teste, foi fixado um nível de significância ( $\alpha$ ) de 5% para determinar o  $t$  crítico, observando-se ainda que a média amostral é um estimador não tendencioso da média da população. Assim, usando-se os dados coletados das amostras observadas, a média e a variância foram calculadas para a determinação posterior do valor da estatística do teste. A média e a variância das amostras foram determinadas com as clássicas equações mostradas a seguir.

Com a finalidade de apresentar informações significativas e não apenas a repetição de saberes, optou-se em demonstrar o significado físico da media.

De maneira clássica a média é dada por:

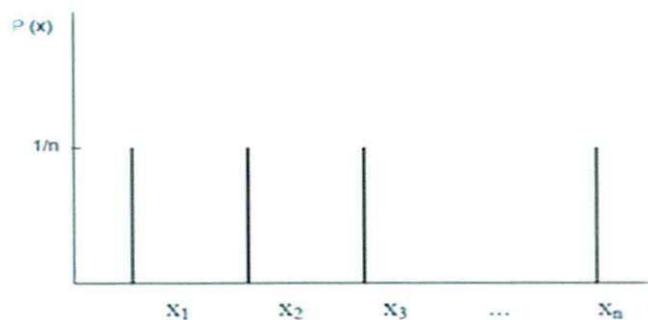
$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (7)$$

podendo também ser reescrita da seguinte forma:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} x_1 + \frac{1}{n} x_2 + \dots + \frac{1}{n} x_n \quad (8)$$

Entretanto, é sabido que uma variável aleatória discreta possui distribuição uniforme se os seus possíveis valores ocorrerem com a mesma probabilidade, como mostrado na **Figura 7**.

**Figura 7: Gráfico da Distribuição da variável aleatória discreta**



Logo, a média dada pela eq.(8) pode ser representada pela seguinte expressão:

$$\bar{X} = \sum_{n=1} p_i \cdot x_i \quad (9)$$

sendo  $(1/n)$  a probabilidade da ocorrência dos eventos.

Sabendo-se que a variância é uma medida de variabilidade que quantifica o grau de dispersão ou concentração dos valores de uma variável aleatória em torno da média, refletindo o momento central de segunda ordem, então de forma geral, a esperança matemática que define a variância é dada por:

$$VAR (X) = E [(x_i - \mu_x)^2] \quad (10)$$

Para a amostra e para população, a variância é dada respectivamente por:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1} (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (11)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1} (X_i - \mu_x)^2}{n} \quad (12)$$

As equações (11) e (12), são bastante semelhantes, mas são utilizadas em aplicações distintas. O que as diferencia é que a variância  $S^2$  é uma estimativa não tendenciosa da variância de  $\sigma^2$  considerando o grau de liberdade  $(n-1)$ . Do ponto de vista heurístico, ou seja, sem nenhuma prova contundente, o denominador de  $S^2$  é  $(n-1)$ , porque se usa o valor da variável aleatória  $(X)$  duas vezes, para o cálculo da média e da própria variância. Portanto, fazendo uso dos mesmos valores significa que temos que retirar 1(um) do grau de liberdade. Matematicamente o denominador de  $S^2$  é  $(n-1)$ , pois pode-se provar através do operador esperança que  $S^2$  é um estimador não tendencioso de  $\sigma^2$ , ou seja,  $E(s^2) = \sigma^2$ .

Desde que o uso da estatística "t" mostra-se fundamental para o teste de hipótese, pois o desvio padrão da população em análise é desconhecido, logo é instrutivo apresentar o desenvolvimento do teste "t". Consideremos inicialmente a variância da amostra:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (13)$$

a qual pode ser reescrita como:  $\frac{s^2}{\sigma^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{\sigma^2(n-1)}$ , ou ainda:

$$\frac{s^2}{\sigma^2} = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(x_i - \bar{x})}{\sigma} \right]^2 \quad (14)$$

Vale salientar que o somatório na equação (14) corresponde a estatística Chi-quadrado ( $\chi^2$ ), ou seja, a soma das normais padronizadas. Desse modo, temos:

$$\frac{s^2}{\sigma^2} = \frac{\chi^2}{(n-1)} \quad (15)$$

Uma vez que a relação do  $\chi^2$  com a estatística "t" é dada por  $t = \frac{z}{\sqrt{\frac{\chi^2}{(n-1)}}}$  e

considerando que  $\bar{x}$  é um estimador não tendencioso de  $\mu$ , é fácil verificar que a seguinte equação para a estatística "t" pode ser obtida.

$$t = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (16)$$

Como consequência, pode ser notado que a expressão de "t" é similar à expressão para z, diferenciando-se pelo uso dos parâmetros da amostra, o que reforça o uso da estatística "t" quando os dados experimentais são empregados para a obtenção dos parâmetros da distribuição.

Para o cálculo da variância do teste, consideraremos a variância relativa à variável "z" da normal padronizada com um posterior ajuste para a estatística "t". A variância de  $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$  pode ser dada por:

$$\sigma^2(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2} \quad (17)$$

Uma vez que  $z = (\bar{x} - \mu_{\bar{x}}) / \sigma_{\bar{x}}$ , a sua aplicação ao teste de hipótese proposto, considerando que  $\mu_{\bar{x}} = 0$ , resulta em:

$$z = \frac{(\bar{x} - \mu_{\bar{x}})}{\sigma_{\bar{x}}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (18)$$

Assumindo ser razoável que as variâncias sejam iguais, então elas podem ser combinadas para estimar uma variância,  $\sigma_p^2$ , comum a ambos os universos considerados, de forma que a equação acima pode ser expressa pelo resultado que se segue.

$$z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_p^2(1/n_1 + 1/n_2)}} \quad (19)$$

onde  $\sigma_p^2$  representa a média ponderada pelos dados observados de cada universo, considerando-se o grau de liberdade. Desde que  $s^2$  é um estimador não tendencioso de  $\sigma^2$ , então o teste "t" pode ser formulado como:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_p^2(1/n_1 + 1/n_2)}} \quad (20)$$

Portanto, é com base na equação (20), que determinamos o valor da estatística do teste, ou seja, o t calculado.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As diferentes instituições pesquisadas foram identificadas por letras gregas,  $\omega$ ,  $\beta$ ,  $\delta_1$  e  $\delta_2$ . Os resultados obtidos através do questionário foram apresentados graficamente, evidenciando, sobretudo o percentual de estudantes que não absorveram satisfatoriamente os conceitos da termodinâmica clássica atrelados a assuntos relacionados com o seu cotidiano. Adicionalmente, tais resultados têm gerado uma sistemática graduação entre os IES e o IFET pesquisados.

Em seguida, foi utilizado o clássico “teste de hipótese” baseado na estatística “t” detalhado na seção “metodologia” deste trabalho. Deve ser enfatizado que os gráficos apresentados têm como finalidade, clarificar e fazer comparação entre alunos de diferentes escolas superiores e de ensino médio técnico, representando assim, uma descrição do conjunto do universo pesquisado.

Para materializar as nossas discussões em relação aos resultados obtidos, foram selecionados para análise qualitativa, duas questões formuladas típicas do cotidiano dos discentes, sendo escolhidas apenas cinco respostas dos alunos a acerca de cada caso, para critérios avaliativos. Estas análises estão demonstradas no subitem 6.2 desta seção.

Os resultados obtidos também proporcionaram respostas plausíveis aos questionamentos do Quadro (1). As respostas a esses questionamentos estão evidenciadas no subitem 6.3 desta mesma seção.

### Quadro 1: Questões Gerais da análise

- 1) O Processo Educacional do ensino-aprendizagem da termodinâmica tem sido estabelecido e implementado?
- 2) Qual é a peça “chave” do binômio Ensino-Aprendizagem?
- 3) O que foi ensinado foi aprendido? Como valorar?
- 4) Julga-se que o ensino é deficiente por ser uma mera repetição de saberes?
- 5) Qual é a proposta para reduzir os problemas do binômio ensino-aprendizagem?

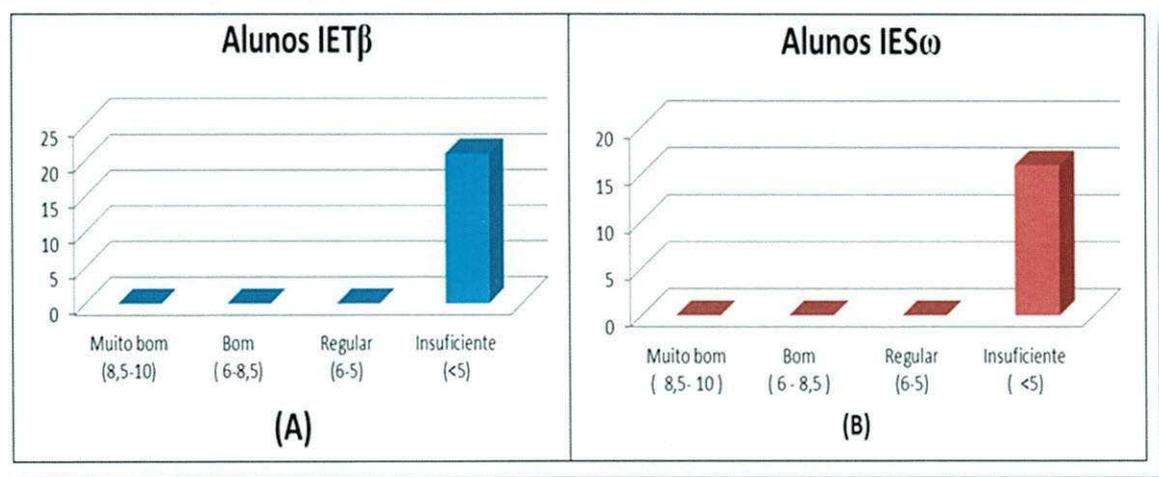
## 6.1 Análises Estatísticas dos Dados Coletados

Usando-se a equação (20), o critério de decisão associado ao teste de hipótese com variância desconhecida é dado abaixo:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad \text{critério de rejeição de } H_0 \rightarrow |t| > t_{\alpha/2, \gamma}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

### I. Comparação entre IES $\omega$ x IET $\beta$



**Figura 8: Comparação entre IES $\omega$  x IET $\beta$**

Comparando as respostas fornecidas pelo questionário aplicado aos alunos da (Fig.1B) e (Fig.1A) e levando em conta o resultado abaixo mencionado do teste de hipótese para o qual o nível de significância assumido e o grau de liberdade são respectivamente 5% e 35;

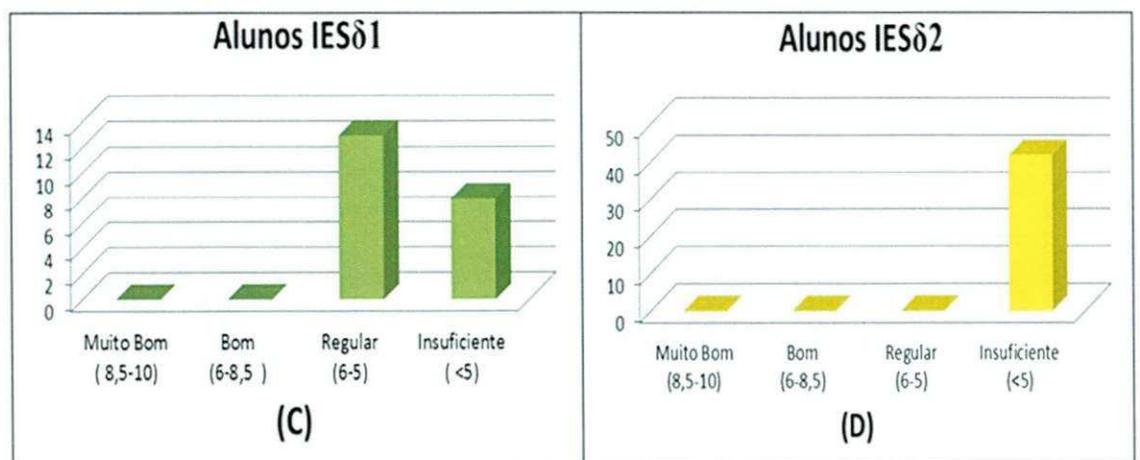
$$|t_{\text{calculado}}| = 2,721 > t_{0,05; 35} = 2,030$$

podemos concluir que estando  $t_{\text{calculado}}$  na região crítica, as amostras diferem significativamente entre si, indicando pertencer a universos diferentes. De fato, as amostras são diferentes, provavelmente devido ao fato de estarmos analisando um subconjunto referente a um ensino universitário (Fig.8B) e outro subconjunto relativo o ensino médio técnico (Fig.8A). Assim, é plausível admitir que eles não pertençam ao mesmo universo de resultados possíveis. Entretanto, mesmo considerando essa diferença, ambos os universos não

atingiram o critério mínimo estabelecido como aceitável. Além disso, a relação ensino/aprendizado associado com o cotidiano do estudante das duas instituições de ensino analisadas mostra-se insatisfatória, pois os alunos do IES $\omega$  mesmo sendo de um curso de nível universitário, possui uma grave deficiência acerca do ensino aplicado ao cotidiano, como mostra a (Fig.8B). A (Fig.8A) indica que os alunos do final do curso técnico do ensino médio também não estão aptos para responder a tal questionamento.

Vale salientar que o ensino-aprendizagem das instituições acima mencionadas deveria proporcionar aos seus alunos uma aprendizagem mais significativa e uma interação mais efetiva entre o conhecimento científico e a vida cotidiana dos discentes, de modo a oferecer soluções eficientes a fim de minimizar as dificuldades dos alunos.

## II. Comparação entre IES $\delta$ 1 x IES $\delta$ 2



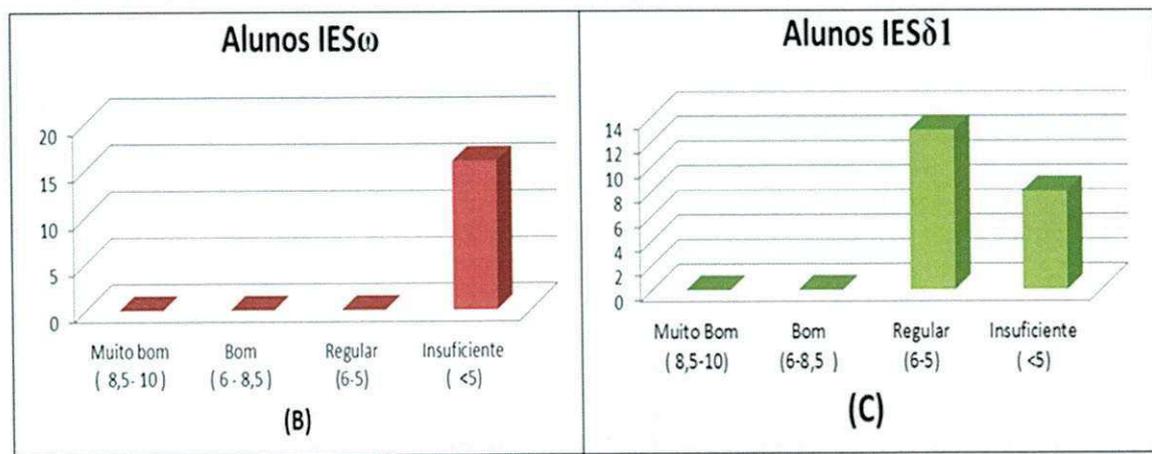
**Figura 9: Comparação entre IES $\delta$ 1 x IES $\delta$ 2**

Considerando as respostas do questionário associada ao teste de hipótese aplicado as amostras da (Fig.9C) e da (Fig.9D), o seguinte resultado foi obtido:

$$|t_{\text{calculado}} = 8,2| > t_{0,05; 60} = 2,000$$

Então, aceitamos a hipótese alternativa  $H_1: \mu_{C(IES\delta 1)} - \mu_{D(IES\delta 2)} \neq 0$ . Pode-se concluir que, mesmo os alunos sendo uma alíquota da mesma instituição de ensino, as amostras são diferentes. Conseqüentemente, pelo fato que a amostra da (Fig.9C), representa a turma do final do curso de engenharia química, onde os alunos possuem maior maturidade acadêmica face à amostra da (Fig.9D), esta do primeiro ano do curso em questão, no qual os alunos são ainda de certa forma inexperientes, egressos direto do segundo grau. Vale observar que ambas as turmas também não atingiram o mínimo especificado e desejado, com respostas afastadas do aceitável. Ainda analisando as respostas ao questionário, podemos verificar através da (Fig.9D), que todos os alunos desse grupo obtiveram um desempenho insuficiente, turma considerada de iniciantes do curso. Na (Fig.9C), o desempenho dos alunos obteve uma pequena melhora, ficando dividido entre regular e insuficiente, onde oito alunos foram insuficientes e treze foram regulares; um resultado superior às outras turmas mais não o suficiente para apontarmos que estes estão na direção de uma aprendizagem significativa.

### III. Comparação entre IES $\omega$ x IES $\delta 1$



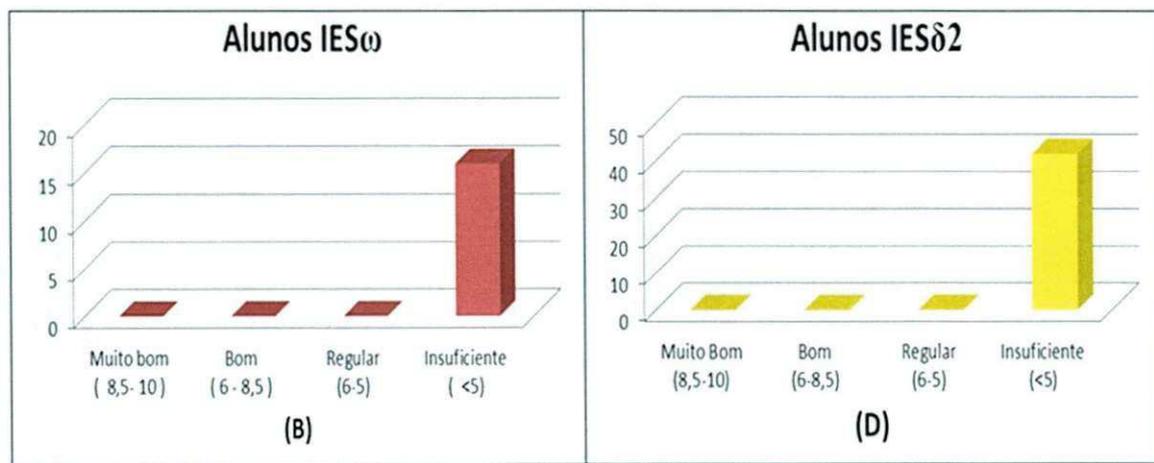
**Figura 10: Comparação entre IES $\omega$  x IES $\delta 1$**

Considerando a decisão baseada no teste de hipótese para a amostra da (Fig.10B) e (Fig.10C), temos que:

$$|t_{calculado} = 15,4| > t_{0,05; 35} = 2,030$$

Portanto, aceitamos a hipótese alternativa  $H_1: \mu_{(IES\alpha)} - \mu_{(IES\delta 1)} \neq 0$ , com a conclusão de que as duas amostras diferem significativamente entre si, provavelmente por serem instituições de ensino superior diferentes. A diferença observada nesse caso pode ser atribuída às exigências pedagógicas das instituições e dos cursos em questão, ou seja, a instituição IES $\delta$  tem um nível de exigência acadêmica superior para a formação dos acadêmicos, quando comparado ao requerido pela instituição IES $\omega$ . Através da *figura 10*, podemos verificar que o desempenho dos alunos da IES $\delta 1$ , (Fig.10C), ficou entre insuficiente e regular, resultando, de certa maneira, em um desempenho superior ao observado na amostra dos alunos da IES $\omega$ , (Fig.10B). Todavia, ambas as instituições ainda deixam muito a desejar na questão do binômio ensino/aprendizagem.

#### IV. Comparação entre IES $\omega$ x IES $\delta 2$



**Figura 11: Comparação entre IES $\omega$  x IES $\delta 2$**

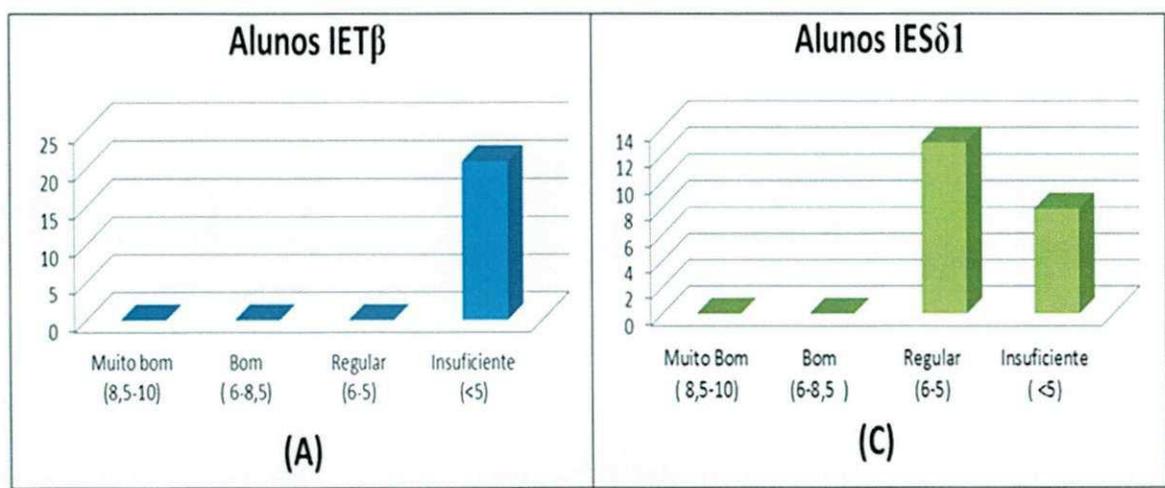
Ao compararmos as amostras (Fig.11B) e (Fig.11D), o resultado do teste de hipótese é dado abaixo:

$$|t_{calculado} = 0,92| < t_{0,05; 60} = 2,000$$

Dessa forma, aceitamos a hipótese nula  $H_0: \mu_{(IES\alpha)} - \mu_{(IES\delta 2)} = 0$ , na qual a média dos subconjuntos analisados são estatisticamente iguais, pois o valor de  $t_{calculado}$  não estar na região crítica estabelecida pelo grau de liberdade ao nível de 0,05 de significância. Com isso, podemos concluir que as amostras

analisadas são iguais do ponto de vista estatístico e, portanto, o desempenho das duas turmas não sendo diferente, resulta, em um ensino/aprendizagem insuficiente. Podemos ainda observar que os graduandos egressos do curso universitário da instituição da (Fig.11B), com experiências acadêmicas possuem a mesma formação daqueles que estão iniciando um curso similar na instituição da (Fig.11D), os quais são classificados de imaturos do ponto de vista acadêmico, podendo ser a diferença observada entre eles creditada às exigências acadêmicas associadas a cada instituição.

## V. Comparação entre IET $\beta$ x IES $\delta$ 1



**Figura 12: Comparação entre IET $\beta$  x IES $\delta$ 1**

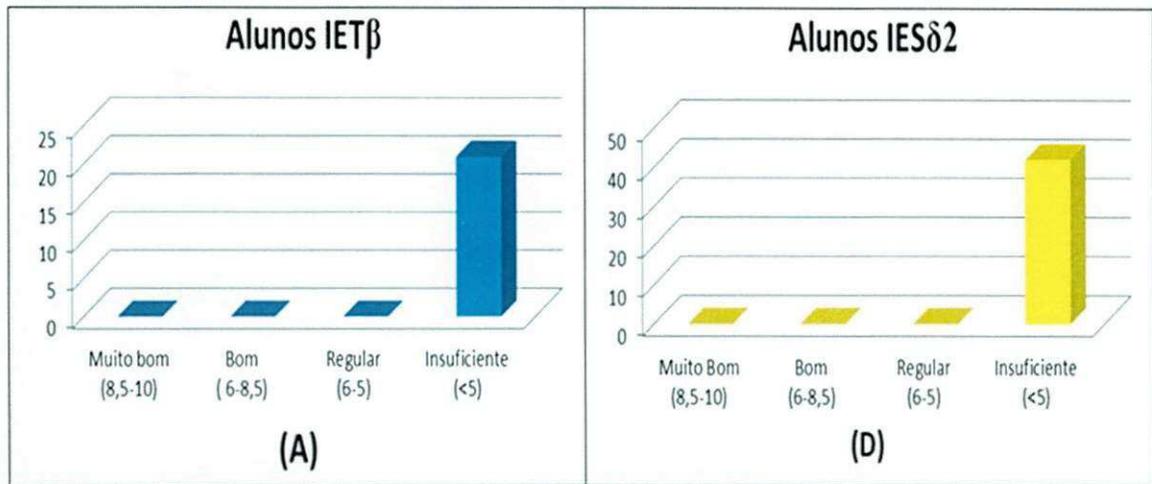
Diante do resultado do teste de hipótese realizado para as amostras da (Fig.5A) e da (Fig.5C) e sabendo que:

$$|t_{\text{calculado}} = 8,15| > t_{0,05; 40} = 2,021$$

Concluirmos, que as duas amostras diferem significativamente entre si, pelo fato, principalmente, por serem universos diferentes, ou seja, ensino universitário e técnico. Entretanto, ambas as instituições, mais uma vez, não alcançaram um nível de aprendizado aceitável, de acordo com o critério mínimo estabelecido pela metodologia proposta, muito embora, a análise dos gráficos acima revela que o binômio ensino/aprendizagem relativo à universidade (Fig.12C) tem se mostrado superior ao ensino médio técnico

(Fig.12A), como deve ser, pois a lente da lupa com que se enxerga o fenômeno ao nível universitário deve ser maior, daquela usada no ensino técnico-médio.

## VI. Comparação entre IET $\beta$ x IES $\delta$ 2



**Figura 13: Comparação entre IET $\beta$  x IES $\delta$ 2**

Ao confrontarmos os alunos da IET $\beta$  com a segunda turma de alunos da IES $\delta$ 2, a qual consiste de alunos recém egressos, e de acordo como resultado obtido pelo teste de hipótese, que segue abaixo:

$$|t_{\text{calculado}} = 2,29| > t_{0,05; 60} = 2,000$$

Como o  $t_{\text{calculado}}$  é maior que o  $t_{\text{crítico}}$ , concluímos que as amostras são diferentes, normalmente imputado às exigências acadêmicas de diferentes níveis. Pela análise gráfica, verificamos que os resultados de ambas as instituições ao questionário, não atingiram o critério mínimo estabelecido como aceitável, resultando em um desempenho insuficiente e podemos considerar então, que os alunos que estão iniciando em um curso universitário têm a mesma formação acadêmica daqueles que estão saindo do ensino médio técnico. Entretanto, para uma melhor explicação do universo pesquisado, já que os valores de  $t_{\text{calculado}}$  e  $t_{\text{crítico}}$  com  $\alpha = 5\%$ , foram substancialmente próximos, repetimos o teste de hipótese ao nível de significância de 4% e obtivemos o seguinte resultado:

$$|t_{\text{calculado}} = 2,29| < t_{0,04; 60} = 2,399$$

Logo aceitamos a hipótese nula,  $H_0: \mu_{(IET\beta)} - \mu_{(IES\delta_2)} = 0$  e concluímos que as amostras são iguais, considerando o nível de significância de 4%, o qual confirma que os alunos que estão saindo do ensino médio possuem níveis de escolaridade compatíveis com aqueles que estão ingressando na universidade, como já era esperado.

Fundamentado nos resultados da pesquisa realizada nas instituições de ensino, podemos verificar que o ensino apreendido na escola de ensino técnico e nas universidades pesquisadas é insuficiente e ainda muito distante da realidade do aluno. É no geral um ensino/aprendizagem deficiente, com baixa interação com a vida do discente, deixando assim espaços abertos no ciclo do processo educacional. O baixo desempenho dos alunos analisados pode ser creditado a vários fatores como:

- 1- Lacunas conceituais remanescentes dos cursos anteriores;
- 2- Deficiências quanto à formulação e emprego conjunto dos conceitos;
- 3- Estratégias insatisfatórias na abordagem de problemas do cotidiano;
- 4- Ausência de transparência no binômio ensino/aprendizagem;
- 5- Falta de motivação do estudante, que não enxerga interesse maior na disciplina devido provavelmente a uma exposição deficiente da importância de tal conhecimento.

No entanto, não podemos responsabilizar só o estudante pelas deficiências observadas, pois o processo educacional não consiste apenas de alunos e professores, mas também, de uma comunhão de ações ligadas à estrutura da sociedade, da comunidade, não somente física, mas, sobretudo à importância e visão dada ao processo educacional pela comunidade. Assim, torna-se mister uma parceria entre o educador, o educando e a comunidade, para que a importância devida seja dada ao processo educacional visando tornar o ensino/aprendizagem significativo, rumo a uma educação de qualidade equivalente aos países desenvolvidos.

## 6.2 Análises Qualitativas das Respostas Escritas

Com a finalidade de materializar as nossas discussões em relação aos resultados obtidos, selecionamos para análise qualitativa dois casos típicos do dia-a-dia citados neste trabalho, questões evidenciadas no questionário que foi proposto para coleta de dados. Nosso objetivo nesta análise foi o de avaliar e analisar as respostas conceituais de cinco alunos das diferentes instituições pesquisadas.

O objetivo maior que impulsionou esta análise, foi evidentemente, de estabelecer uma análise não tendenciosa sob a ótica do pesquisador, o qual numericamente considera apenas os dados estatísticos. Tal análise mostra de fato as efetivas respostas naturais dos alunos. Vale salientar que esperávamos respostas plausíveis e cientificamente apropriadas, com base em conceitos termodinâmicos a cerca dos problemas expostos aos alunos, visto que os alunos pesquisados já tinham em sua vida acadêmica se deparado com os conceitos básicos da termodinâmica, os quais eram a base para as respostas às questões propostas.

Conforme já afirmado, para não constranger e ao mesmo tempo não expor os alunos pesquisados, os mesmos foram identificados por números e devido ao fato de o conjunto amostral ser extenso, selecionamos apenas cinco respostas de alunos distintos, para a materialidade das discussões.

### ***O Caso Típico do Balão de Festa de Criança***

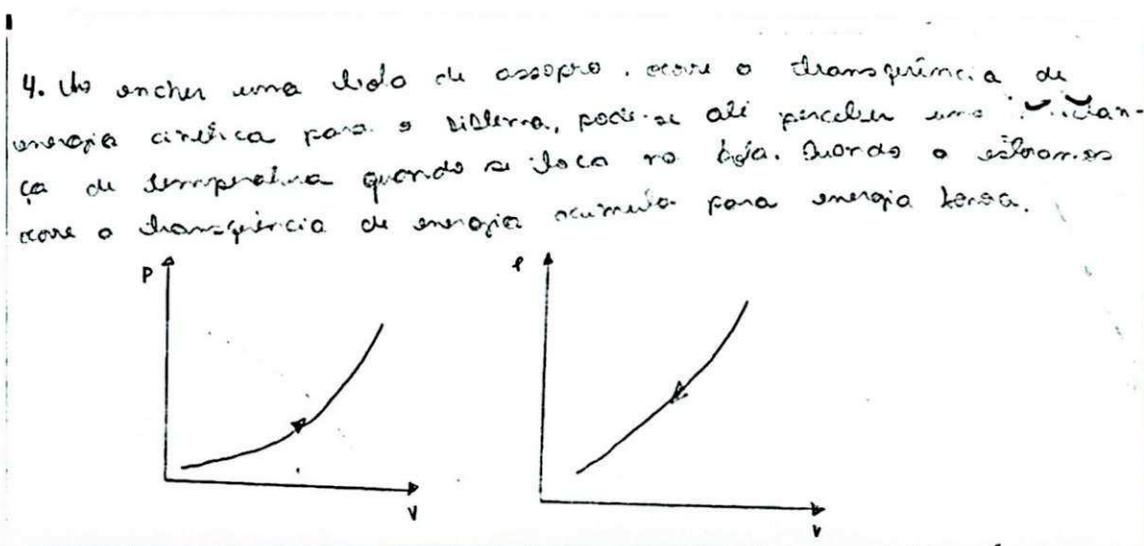
A questão que se apresenta ao aluno é de como associar os conceitos teóricos com a abordagem prática que ele experimenta todo dia; como explicar as relações entre pressão e volume enquanto o balão é enchido e no caso de uma vez cheio de ar, ser perfurado, ou seja, quando o estouramos. É solicitado também que represente tal ideia na sua forma gráfica  $P \times V$ .

As respostas elaboradas pelos alunos não foram àquelas esperadas, demonstrando que eles não estão aptos a resolver certas situações cotidianas e que os conceitos básicos como as leis de Newton ainda não foram suficientemente compreendidas em sua essência. Da mesma forma, os

conceitos de irreversibilidade, reversibilidade, relações entre pressão, volume e trabalho que estão claramente embutidos nesse experimento simples, deixaram a desejar, em relação à compreensão.

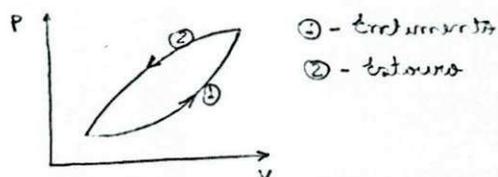
Abaixo segue as respostas dos alunos a questão do balão de festa, contida no questionário do **Apêndice 1**:

❖ **Aluno 39.**



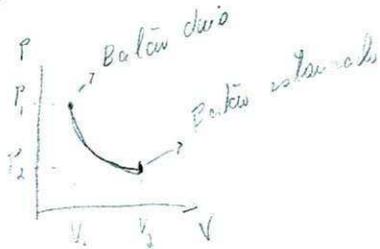
❖ **Aluno 52.**

- ④ Quando enchido-se uma bola de festa comprime-se o ar dentro da bola inicialmente, a diferença de pressão interna e externa é mantida pelo material da bola. Logo, quando é estourado, a pressão interna é tão maior do que a externa que o material é rompido.



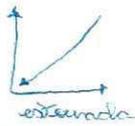
## ❖ Aluno 3.

4. O ar expelido pelo pistão é comprimido dentro do boteão aumentando um pouco a pressão dentro do boteão. Quando o boteão é estourado a pressão cai e o ar expande para o novo.



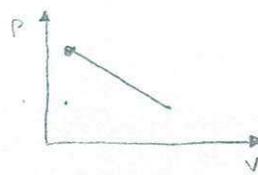
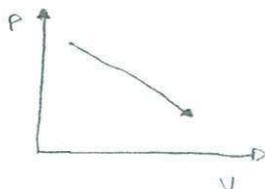
## ❖ Aluno 23.

(4) A superfície da bala é expandida com o ar que colocamos nela. Quando estouramos o ar vaza e a bala se aperta, por não conseguir voltar ao seu estado ~~normal~~ normal.



## ❖ Aluno 36.

(4) Quando inchamos a bala Quando estouramos



Expansão

compressão

As respostas anteriores mostram claramente que os alunos não possuem uma formação acadêmica adequada em termodinâmica, onde os conceitos mais básicos e simples dessa ciência ainda não estão claros para o discente, indicando que as deficiências nas informações básicas permanecem, reduzindo e bloqueando a capacidade de aquisição de novos conhecimentos e transformando em séria dificuldade as aderências a novos conceitos. Na verdade, aceitar o que não se entende, o que não se compreende é extremamente difícil.

### ***A Secagem de Roupas no Varal***

Nesta questão, o problema que se coloca ao estudante é o seguinte: sabendo-se que a temperatura de ebulição da água é de  $100^{\circ}\text{C}$  a uma pressão de 1atm, fato substancialmente vivenciado no dia-a-dia, porque a roupa seca no varal, ou seja, a uma temperatura de  $\pm 30^{\circ}\text{C}$ ? Ainda é solicitado explicar termodinamicamente tal fenômeno de forma a considerar as grandezas que representariam de maneira satisfatória tal situação.

Mas uma vez as respostas produzidas pelos discentes não foram às esperadas, deixando claro que os alunos não estão aptos a explorarem de modo apropriado os conceitos teóricos com o seu cotidiano, e conseqüentemente não conseguem fazer tais relações, a não serem aquelas associadas ao senso comum. Tampouco se deram conta que este fato está intimamente ligado à questão do equilíbrio entre o líquido e o vapor, energia de Gibbs, entropia e entre outras propriedades de estado.

Abaixo segue as respostas escritas dos estudantes acerca da questão relacionada à roupa secando no varal:

#### **❖ Aluno 10.**

③ Porque o sol aquece a roupa, acontecendo assim a evaporação da água que se encontra na roupa, secando-a.

## ❖ Aluno 41.

3) O fato de a roupa secar no varal é ocasionado por fatores bem específicos como vento (ar em movimento), o calor do sol e a baixa umidade do ar. O fenômeno se explica pelo processo de evaporação, onde a água parte do estado líquido para o gasoso. Temperatura, pressão, Velocidade, etc.

## ❖ Aluno 19(a)

3- A roupa seca no varal pelo calor dos raios solares, porém em um determinado tempo. Quanto mais "quente" estiver o dia mais rápido a roupa secará. A roupa recebe calor o que faz a água evaporar. As grandezas são: tempo, temperatura, pressão.

## ❖ Aluno 36.

3<sup>o</sup> Porque ela está sendo exposta à um aquecimento, faz-se com que haja um aumento na energia interna. As grandezas são o calor, energia interna, pressão, temperatura.

## ❖ Aluno 19(b).

3<sup>o</sup> Porque justamente estamos a baixa de pressão, normalmente estamos a uma pressão maior, assim, o ponto de ebulição é menor.

Dessa forma, fica evidente que ainda estamos distante de um ensino eficaz, que estimule e capacite o aluno a pensar que os fatos vistos no seu cotidiano (social) devam estar relacionados com o saber científico desenvolvidos na comunidade acadêmica. Dado que todo fenômeno natural deve necessariamente ter uma explicação científica a ele associado, cabe a cada educador expor e explorar tais situações, preparando os alunos para entender de maneira clara e precisa tais fenômenos do seu cotidiano, motivando-os para futuras formações de saberes. Assim, podemos considerar que o professor é a “chave” do processo ensino-aprendizagem, pois é a ele que recai toda a estratégia de estímulo e motivação que leva o estudante a pensar por si só, ter uma visão crítica, sem, entretanto, subestimar a participação ativa do estudante nesse processo.

Diante desta análise, podemos considerar que a educação nas instituições pesquisadas deixa a desejar, mesmo com o auxílio de avançadas tecnologias utilizadas para o sucesso do ensino-aprendizagem. Portanto, tais instituições não produzem uma aprendizagem de qualidade, onde os alunos que estão sendo formados estão aptos apenas a reproduzir os conhecimentos transmitidos pelos professores. Contudo, não foram capacitados para se posicionar criticamente acerca das informações que estão recebendo.

Podemos ainda concluir, que a maioria dos professores ainda continuam utilizando em sala de aula, nas suas práticas de ensino, os métodos de ensino tradicional, se detendo apenas a conceitos dos livros, prontos e acabados que não corresponde as necessidades do binômio ensino/aprendizagem, de uma visão crítica e estimulante.

### 6.3 Análises dos questionamentos do *Quadro 1*.

A fim de finalizar os resultados extraídos desta pesquisa, expressaremos as nossas respostas e ponto de vista aos questionamentos proposto no *Quadro 1*.

**Questionamento 1-** O Processo Educacional no ensino-aprendizagem da termodinâmica tem sido estabelecido e implementado?

Como apresentado neste trabalho, as pesquisas dos autores Sokrat et.al (2014), Yerrick. et.al.(1997),Serway(2004);Goedhart e Kaper (2003), Erickson (1979), Boo e Watson (2001), Maréchal e Bilani (2008), Silva, B (1999), Ebenezer e Frazer (2001), Barker e Millar (2000), Greenbowe e Meltzer (2003), Vianna (2014),Lopes et.al (2012) e entre diversas outras citadas mencionam às dificuldades no ensino-aprendizagem da termodinâmica, uma vez que os pesquisadores além de analisar, também propuseram metodologias que podem amenizar essas dificuldades. Entretanto, temos observado que muito embora avanços técnicos tenham sido estabelecidos, a implementação de tais avanços ainda não se deu por completo, se constituindo em um processo contínuo, persistente e longo.

**Questionamento 2-** Qual é a peça “chave” do binômio Ensino-Aprendizagem?

O processo educacional trata dos aspectos teóricos e práticos da escolarização, envolvendo o processo de aprendizagem, os métodos de ensino, o sistema de avaliação da aprendizagem e no geral o sistema educacional como um todo. Para a obtenção de uma efetiva assimilação de conhecimento apreendidos, é necessário aliar uma boa técnica pedagógica, com uma motivação que desperte no aluno a curiosidade necessária para a construção de um conhecimento significativo. Pode-se observar que, por mais que se multipliquem os meios tecnológicos é observável que o processo que vincula a instituição/professor/aluno não dispõe de avanços significativos, referindo-se ao ensino-aprendizagem.

Portanto, a peça “chave” do binômio ensino-aprendizagem, definida por alunos e professores são os protagonistas desse processo, mais precisamente os docentes, os quais devem estar aptos a ensinar e buscar novas

metodologias de ensino, a fim de tornar suas aulas mais atrativas e prazerosas e conseqüentemente estimular os alunos a estudar e se esforçar para adquirir uma formação acadêmica considerável, sem, entretanto, se apresentar como o dono da verdade.

**Questionamento 3-** O que foi ensinado foi aprendido? Como valorar?

Pelos resultados da presente pesquisa e também através dos trabalhos anteriormente realizados na área, podemos constatar que os conhecimentos que estão sendo ensinados nas instituições de ensino, infelizmente, ainda não foram apreendidos de forma satisfatória, a fim de oferecer ao aprendiz a oportunidade de reflexão crítica dos conhecimentos adquiridos e seu desenvolvimento cognitivo.

Em linhas gerais, pelos resultados expressos nas seções 6.1 e 6.2 da presente pesquisa e com base nos trabalhos dos autores citados, podemos considerar que o ensino que foi ensinado não foi aprendido de maneira eficaz, evidenciado a baixa formação intelectual e reflexão crítica por parte dos alunos e revelando a ineficiência das metodologias de ensino e avaliativas que estão sendo utilizadas nas instituições de ensino.

Nesta perspectiva, professor/aluno mais uma vez são os principais sujeitos para o sucesso dessa etapa educacional. Entretanto, o professor deve estar convicto que possui papel decisivo sobre o conteúdo a ser ensinado, o grau que os mesmos devem ser expostos em aula, e como os alunos serão avaliados acerca do que foi ensinado a fim de que não nos iludimos com resultados imprecisos, sem retratar a realidade dos alunos que estão sendo formados atualmente ou classificados de uma etapa para outra.

Vale ressaltar que é relevante o estabelecimento de estratégias avaliativas eficientes, as quais devam considerar as necessidades e as dificuldades de cada aluno ou grupo de aluno a ser avaliado. Para isso o professor deve desenvolver um conjunto de atividades que avaliem de maneira sistemática, precisa e confiável o que o discente tem aprendido no decorrer de suas aulas. Desta forma poderemos alcançar nossos objetivos, ou seja, uma educação de qualidade.

Conforme Luckesi (1995), citado por Reali et.al, 2004 as práticas pedagógicas avaliativas, devem ser racionalmente decididas, para tanto o docente deve estabelecer previamente o mínimo necessário a ser aprendido efetivamente pelos alunos. Dessa forma, valorar os conhecimentos dos alunos irá depender de cada situação, em que os mesmos são expostos, a fim de quantificar o ensino apreendido, não sendo apenas da maneira tradicional como conhecemos. Neste sentido, os professores sabendo das limitações dos seus alunos, devem fazer uso do melhor meio para quantificar a aprendizagem, a fim de não prejudicar os avanços reais do binômio ensino-aprendizagem.

**Questionamento 4-** Julga-se que o ensino é deficiente por ser uma mera repetição de saberes?

Segundo Grama (2013), a educação não deve ser encarada como uma mera repetição de saberes, mas sim a transmissão de informações visando despertar no aluno o raciocínio crítico e a construção do conhecimento.

No entanto, o que observamos são alunos passivos reprodutores dos conhecimentos expostos pelos professores em sala de aula, criando assim, um ciclo vicioso, que não se rompe e sem perspectiva de avanços. Nesta ótica podemos considerar que o ensino é insuficiente por ser uma mera repetição de saberes. Assim, as soluções para minimizar o problema, exigem mudanças significativas no processo de ensino/aprendizagem, que são bem mais profundas a qual imaginamos.

**Questionamento 5-** Qual é a proposta para reduzir os problemas do binômio ensino-aprendizagem?

Como analisados nesta pesquisa, muitas das concepções e estudos de diversos autores citados neste trabalho, os quais analisam as dificuldades e limitações do processo de ensino-aprendizagem, vários métodos de ensino e diversas estratégias têm sido utilizados para promover uma aprendizagem ativa como os softwares educativos, a historia das ciências, o cotidiano, a

experimentação, com a finalidade de reduzir os problemas do binômio ensino-aprendizagem.

É cabível salientar que o espírito crítico ativo, bem como a capacidade de aprender necessita ser desenvolvidas desde o início das atividades escolares do estudante, caso contrário, romper a inércia do pensamento é substancialmente mais doloroso.

Podemos considerar que varias propostas vêm sendo utilizadas para reduzir e minimizar os problemas do binômio ensino-aprendizagem. Contudo, estes métodos têm tido poucos resultados práticos, pelo fato de serem utilizados em pesquisas de campo de varias instituições de ensino, visando estabelecer a viabilidade dos métodos de ensino em diferentes contextos. No entanto, na maioria das vezes o método que foi aplicado pode até ter sido eficaz para superar o déficit no ensino-aprendizagem, mas infelizmente não foi introduzido nas metodologias utilizadas pelas instituições de ensino, apenas arquivado, retornando a uma prática ultrapassada que não atende mais as necessidades da educação contemporânea.

Dessa forma, acreditamos que para melhorar significativamente o processo educacional, as universidades, "berço" da formação docente, devem promover nos cursos de graduação e pós-graduação, uma formação acadêmica adequada para os profissionais que posteriormente atuarão como futuros professores nas mais diversas instituições de ensino. Portanto, é essencial e imprescindível que sejam formados em nossas universidades educadores preparados e motivados a trabalhar com as diferentes possibilidades metodológicas de ensino como, por exemplo, aplicações ao cotidiano.

Portanto, consideramos que o ensino da termodinâmica relacionado com fatos práticos vividos pelos estudantes pode ser uma ferramenta poderosa e um caminho adequado para minimizar as dificuldades e, portanto, superar o déficit no binômio ensino/aprendizagem da termodinâmica.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma análise do binômio ensino/aprendizagem relativa à termodinâmica no ensino superior e no ensino médio técnico foi realizada. A metodologia empregada constitui-se da elaboração de um questionário com fatos do cotidiano dos alunos a fim de observar a capacidade da abordagem das questões, tipicamente do dia-a-dia do estudante. De posse das respostas, um tratamento estatístico foi realizado para melhor mensurar, qualificar e quantificar as informações, com finalidade de aplicar ferramentas estatísticas, como por exemplo, o teste de hipótese.

Os resultados mostraram que o binômio ensino/aprendizagem apresenta lacunas significativas em todos os níveis de escolaridade, principalmente, nos egressos do nível secundário, revelando a grande deficiência da escola média indicando uma leve melhora nos níveis avançados dos cursos universitários. Uma melhora um pouco mais significativa foi observada naquelas instituições de ensino superior com exigências acadêmicas mais acentuadas, mostrando que o estudante reage bem quando exigido.

A análise dos resultados também permitiu verificar que existe um grau elevado de dificuldades dos estudantes na formulação das soluções concretas, típicas do cotidiano e mais ainda àquelas abstratas. Tais resultados induzem a conclusão de que, mesmo diante de processos pedagógicos com alta tecnologia presentes em algumas instituições de ensino, a apreensão das informações essenciais ainda permanece desafiadora, do ponto de vista prático. Nesse cenário, o processo educacional interativo professor/aluno está claramente deficiente, comprometendo a transferência de conhecimento e a sua absorção.

Pelo exposto, a conclusão que pode ser ainda extraída é que o ensino-aprendizagem nas universidades pesquisadas e no instituto técnico mostra-se ainda insuficiente. Por isso, uma mudança na metodologia de ensino adotada pelos professores deve ser contemplada para promover um ensino mais eficaz

e que estimule os alunos, ou seja, os educadores devem orientar o educando na diretriz do conhecimento, da aprendizagem significativa, a fim de que, no momento em que o discente percorrer todo processo de educação escolar e universitário, não seja um cidadão imaturo, acrítico, com lacunas na sua formação acadêmica. Cabe ressaltar que a formação crítica é um processo longo e acumulativo, sem o qual as chances de sucesso no binômio ensino/aprendizagem são reduzidas.

Dessa forma, o processo de ensino-aprendizagem é bastante árduo e difícil, requerendo de todos os participantes do sistema educacional uma contribuição mais efetiva. Acreditamos que os professores e os alunos são singulares e possuem papel sinérgico para o sucesso desse processo, bem como, na consolidação de uma aprendizagem mais significativa.

Com relação à participação do professor como mediador do conhecimento, ele deve promover um ensino dotado de estímulos, com estratégias e ferramentas que possam superar as dificuldades dos alunos e possibilitar aos mesmos, aulas mais dinâmicas e atrativas. Tais estratégias devem consagrar e materializar a bagagem de informações científicas apreendidas nas instituições de ensino, privilegiando assim, um ensino centrado no conjunto de interações ambientais (vivências), e que possa representar ao estudante, avanços na interpretação e compreensão da realidade em que vive.

Em função das grandes dificuldades no ensino-aprendizagem da termodinâmica, consideramos que o desenvolvimento de uma metodologia de ensino voltada e agregada ao cotidiano do estudante, poderá estimular e tornar as aulas da termodinâmica mais prazerosa para os discentes bem como, para os professores. Além disso, como falou Nietzsche através de Zaratustra em "Also Sprach Zarathustra," viver constantemente questionando e aprendendo é o meu caminho. Qual é o seu?

## 8. REFERÊNCIAS

BARBETTA. et.al. **Estatística para cursos de engenharia e informática**. 3ªed., São Paulo: Editora atlas, 2010.

BARKER E MILLAR. " **Students' Reasoning about Basic Chemical Thermodynamics and Chemical Bonding: What Changes Occur During a Context-based Post-16 Chemistry Course**"? *International Journal of Science Education*: 2000, vl.85, N.11, pp 1171-1200.

BERNARDI, S.T. **Utilização de softwares educacionais nos processos de alfabetização, de ensino e aprendizagem com uma visão psicopedagogia**. *Revista de educação do IDEAU*: vl. 5 - n.10, pp 1-15, Junho 2010.

BERTOLINI, R.D. **Metodologia e Prática do Ensino de Ciências Naturais**. Unisa Educação a Distância: Usina Digital, 39 p, 2012.

BOO E WATSON. " **Progression in High Scholl' (Aged 16-18).Conceptualizations about Chemical Reactions in Solution**". *Science Education*: Set.2001, vl. 85, N.5, pp568-585.

BORUCHOVITCH, E. **Estratégias de aprendizagem e desempenho escolar: Considerações para a prática educacional**. *Psicologia: Reflexão e Crítica*:vol.12 n.2.1999.

CANPOLAT,N. et. al. **Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of Chemical Thermodynamics and Kinetics**. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 2010, N.6, pp 111-120.

CASTRO, A.C. **O ensino da termodinâmica numa perspectiva histórica: a máquina térmica**. *Revista da ANPG – Ciência, Tecnologia e Políticas Educacionais* v.1, n.1, 2013.

CARVALHO, S. e CAMPOS, W. **Estatística Básica Simplificada**. Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2008.

CRUZ.M.C.P.et.al; **Incorporação da Flecha do Tempo nos Conceitos de Termodinâmica para a Graduação: Uma Ação Metodológica**. Scientia Plena: vl 09, N.7, pp 1-9, 2013.

EBENEZER E FRASER. **First Year Chemical Engineering Students' Conceptions of Energy in Solution Processes: Phenomenographic Categories for Common Knowledge Construction**. Science Education: Set.2001, vl.85, N.5, pp509–535.

ERICKSON, G. **Children's conceptions of heat and temperature**. Science Education: vl.63, N.2, pp 221-230, Abr.1979.

FABRÍCIO, A.et.al. **Repercussões dos Métodos de Ensino Utilizados Pelos Docentes de escolas Públicas e Privada no Desenvolvimento de Competências dos seus Alunos**. VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT – AEDB, Resende/RJ, 19 a 21 de outubro de 2011.

FERNANDES et.al. **Termodinâmica Química**. Ed.1, 2006.

FREIRE, L. **Teoria Fenomenográfica e Concepções de Aprendizagem**. Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação: vl.11,N. 22 - Jan./Jun. 2009.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996. – (Coleção Leitura)

FRISON e BOFF. **Explorando a existência de cargas elétricas na matéria. Relatos de sala de aula**. Química Nova na escola, N°3, Maio de 1996.

FURUKAWA, C. **Entenda o que é termodinâmica e suas aplicações nos dias de hoje**. Globo Ciências. 29 de dez.2011.

GOEDHART E KAPER. **"From Chemical Energetics to Chemical Thermodynamics"**. Educação Química: Rumo à prática baseada na investigação. Amsterdam: vl. 17, 2003, pp 339-362.

GOMES, J.et.al. **Métodos de ensino em cursos superiores de ciências contábeis**. Rio de Janeiro: CRCRJ, 2013,79p.

GRAMA, S. **Educação Brasileira uma visão Filosófica**. Revista Filosofia: Conhecimento Prático. São Paulo: 2013, N.45, pp 21-33.

**GREENBOWE E MELTZER. “ Student Learning of Thermochemical Concepts in the Context of Solution Calorimetry**. International Journal of Science Education. Estados Unidos: 2003 N.7, pp 779-800.

GUIMARÃES, C. **Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa**. Química nova na escola: vl. 31, N.3, Ago.2009.

HÜLSENDEGER, M. **A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: Um outro olhar sobre o ensino de Física**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru/SP, 2003.

JEPSSON e HAGLUND. **Using self-generated analogies in teaching of thermodynamics**. Journal of Research in Science Teaching: vl.49, N.7,pp 898–921, Set. 2012.

JULIÃO, J.N. **Para ler o Zarathustra de Nietzsche**. Filosofia de Pílulas. Editora Manole.

KATO E KAWASAKI. **As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências**. Ciência e Educação, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011.

KRÜGER, L.M e ENSSLIN, S. R. **Método Tradicional e Método Construtivista de Ensino no Processo de Aprendizagem: uma investigação com os acadêmicos da disciplina Contabilidade III do curso de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Santa Catarina**. Revista Organizações em Contexto: vl. 9, N.18 ,pp 219-270,2013.

LACANALLO, L. **Métodos de ensino e de aprendizagem: uma análise histórica e educacional do trabalho didático**. Revista Histedbr Unicamp: pp 1-20,2007.

LOPES, et.al. **Aplicação de Software como Ferramenta de Apoio no Ensino de Química**. III Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia: Ponta Grossa-PR, Set.2012.

LOPES, A. **Os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização**. Educ. Soc. Campinas: vol. 23, n. 80, set.2002, p. 386-400.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1999,236p.

MARÉCHAL E BILANI. **Teaching and Learning Chemical Thermodynamics in School**. International Journal of Thermodynamics: Jun.2008, vl. 11, N. 2, pp 91-99.

MELLO, CRUZ e AQUINO. **Termodinâmica e a Experimentação no Ensino de Ciências**. 2012. Disponível em:<<https://www.sigaa.ufs.br/>>

MORAIS, R. **Software educacional: a importância de sua avaliação e do seu uso nas salas de aula**. Fortaleza: 2003.52f. Monografia (Ciências da Computação)-Faculdade Lourenço Filho.

MOREIRA e MASINI. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**, Editora Moraes, São Paulo, 1993.

MORETTIN, L.G. **Estatística Básica/Probabilidade**. 7° Edição. Makron Books. Vol.1.

MURCHO, D. **Pensar e Compreender**. Revista Filosofia: Conhecimento Prático. São Paulo: 2012. N, 39. p 8-15

PACHECO. **A Experimentação no ensino de ciências**. Ciência e Ensino: N.2, p 10, Jun.1997.

PAULA, M. **O Professor entre o ser e o Mundo: Reflexões sobre o seu papel**. Contabilidade Vista & Revista: vl. 14, nov. 2003, pp. 41-46.

PAGNI. P.**A Filosofia da Educação Platônica: O Desejo de Sabedoria e a Paideia Justa**. Acervo Digital-UNESP. pp 1-18, 2010.

PASQUALI, L. **A curva normal**. 2006, Disponível em: <http://www.psi-ambiental.net/pdf/PasqCap03.pdf>

PEIXOTO e SILVA. **Do Ensino a Aprendizagem**. Extrato de Aprendizagem: Estratégias e estilos: Rio de Janeiro, ABT, 2002.

PILETTI, C e PILETTI, N. **Filosofia e História da Educação**. Editora Ática. 13 edição. 1997.

POZO. **Aprendizes e mestres. A nova cultura da aprendizagem**. ARTMED: Ed.1,2001,296p.

QUINTAL E GUERRA. **A história da ciência no processo ensino-aprendizagem**. Física na Escola, vl. 10, N. 1, 2009.

RANGEL, M. **Métodos de ensino para a aprendizagem e a dinamização das aulas**. Magistério Formação e Trabalho Pedagógico: 2º edição, Papyrus Editora. 92p, 1999.

REALI, A. et.al. **“Qual a base de conhecimento que meu aluno deve ter?”: uma experiência de ensino e aprendizagem de construção de indicadores educacionais**. R. bras. Est. pedag., Brasília, vl. 85, N.209/210/211, p.67-84, Jan/dez.2004

REGINALDO, et.al. **O ensino de ciências e a experimentação**. IX ANPED SUL-Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul: 2012, pp1-13.

RODRIGUES, L.O **uso de software educacional no ensino fundamental de matemática e a aprendizagem do sistema de numeração decimal por alunos de 3ª série**. Campo Grande, 2006, 175p. Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Católica Dom Bosco – UCDBD.

SANTOS. **Abordagens do Processo de Ensino e Aprendizagem**. Integração: ano XI, N.40, pp 19-31,2005.

SANTOS. **O Processo de Ensino-Aprendizagem e a Relação Professor-Aluno: Aplicação dos “Sete Princípios para a boa prática na educação de Ensino Superior”**. Cad Pesq Administração:; vl.8,N.1: pp 69-75,2001.

SCHENDER, K. **História da matemática: a importância no processo do ensino-aprendizagem na educação básica.** Faculdade de Educação e Ciências Humanas: Santos-SP, 2013,20p.

SILVA, D. **Ensino e aprendizagem da Termodinâmica: Questões didáticas e contribuições da história da ciência.** 2013.250 f. Tese (Instituto de Física e Faculdade de Educação) Universidade de São Paulo-USP.

SILVA, B. **Um ensino facilitador da aprendizagem significativa da termodinâmica básica.** 210f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física. Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, 1999.

PREGNOLATTO e SILVA. **Um ensino para aprendizagem significativa da termodinâmica básica.** In: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1999.

SMITH. et.al. **Introdução á Termodinâmica da Engenharia Química.** Editora LTC. Rio de Janeiro. Sétima edição. 2007.

SOKRAT et al. **Difficulties of Students from the Faculty of Science with Regard to Understanding the Concepts of Chemical Thermodynamics.** Procedia - Social and Behavioral Sciences: vl. 116, 21 Fev. 2014, pp 368–372.

SOUZA, et.al. **Estratégias inovadoras para métodos de ensino tradicionais – aspectos gerais.** Revista FMRP: Ribeirão Preto, 2014, vl. 47, N.3, pp 284-92.

SOUZA, P. et.al. **Ensinando a natureza estatística da segunda lei da termodinâmica no Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física: vl. 35, N. 2, 2013.

TASIR, et. al. **A Review on Enhancing the Teaching and Learning of Thermodynamics.** Procedia - Social and Behavioral Sciences: vl. 56, N.8 Out. 2012, pp 703–712.

VIANNA, et.al. **A Utilização de Software no Ensino de Termodinâmica.** Revista Científica Digital da Faetec: vl. 19, 2014, pp 1-12.

WARTHA, et.al. **Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química.** Química nova na escola: vl. 35, N. 2, pp. 84-91, Mai. 2013.

YERRICK. et. al. **Struggling to Promote Deeply Rooted Change: The “Filtering Effect” of Teachers’ Beliefs on Understanding Transformational Views of Teaching Science.** Science Education: vl.81, n.2, pp 137-159, abr. 1997.

# APÊNDICE

## APÊNDICE 1

### Questionário:

1. Você acredita que exista algo fora do nosso universo em que vivemos? Ou seja, caso exista uma janela, poderíamos ver o “outro lado”?
2. Porque quando aproximamos a mão perto da chama na “boca do fogão” notamos que a temperatura aumenta e quando afastamos a temperatura diminui e não nos queimamos mais? Qual a condição, a qual poderíamos colocar a mão na chama sem se queimar?
3. Sabendo que a temperatura de ebulição da água é de  $100^{\circ}\text{C}$  a 1 atm, porque a roupa seca no varal? Como explicar esse fenômeno? Quais as grandezas termodinâmicas que representam este fenômeno?
4. O que acontece quando enchemos uma bola de festa? E o contrário, quando estouramos? Construa os gráficos que respectivamente representam estes eventos que observamos em nosso cotidiano.
5. Quando pressionarmos um aerosol e o gás sai, notamos que há um abaixamento na temperatura do frasco, do ponto de vista termodinâmico que tipo de fenômeno que pode representar esta situação?
6. Uma pedra de gelo colocada em um copo com água à temperatura ambiente recebe ou cede calor para a água?
7. Do ponto de vista termodinâmico é possível transferir calor de um corpo frio para um corpo quente?
8. Porque quando os automóveis antigos se chocavam em algo não acontecia nada com a sua lataria, entretanto a pessoa que estava dentro sofria severamente com o impacto? Hoje, com os carros modernos isso é difícil de acontecer; a pessoa sofre muito pouco em algumas situações, todavia, o carro fica deformado, danificado, parcialmente ou totalmente. Explique esta situação com base em conceitos termodinâmicos.

9. Qual a diferença entre Calor e Trabalho, do ponto de vista termodinâmico?
10. Como determinar a temperatura da ponta do cigarro sem usar qualquer instrumento de medição? Elabore um roteiro para tal determinação.
11. Porque os astros e planetas são aproximadamente esféricos? Sugira uma explicação para isso.

## APÊNDICE 2

Tabelas com relação às notas atribuídas ao questionário para cada aluno:

A) Relação de notas: **Alunos UEPB**

<b>Alunos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Notas</b>	3,5	2,0	2,0	1,5	3,0	3,0	1,5	2,5	1,0	3,0
<b>Alunos</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>				
<b>Notas</b>	2,5	3,0	1,5	2,0	3,5	3,0				

B) Relação de Notas: **Alunos IFPB**

<b>Alunos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Notas</b>	1,0	1,5	1,0	1,0	2,5	4,0	2,5
<b>Alunos</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>Notas</b>	0,5	0,5	2,5	2,0	2,0	2,0	1,0
<b>Alunos</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>
<b>Notas</b>	1,5	2,0	0,5	2,0	2,5	1,5	0,5

C) Relação de Notas: **Alunos UFCG 1- (Turma final de curso)**

<b>Alunos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Notas</b>	5,0	3,0	3,0	4,0	5,5	3,5	5,5
<b>Alunos</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>Notas</b>	1,0	3,5	4,0	6,0	5,0	4,5	5,0
<b>Alunos</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>
<b>Notas</b>	5,5	5,5	5,5	4,5	5,0	5,5	2,5

## D)Relação de Notas: Alunos UFCG 2-(Turma Início do Curso)

<b>Alunos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Notas</b>	2,5	2,0	2,5	3,5	3,0	2,0	3,0
<b>Alunos</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>Notas</b>	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0
<b>Alunos</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>
<b>Notas</b>	3,0	3,0	2,0	1,0	2,0	1,0	3,5
<b>Alunos</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
<b>Notas</b>	2,0	3,0	1,0	3,0	1,0	3,5	3,0
<b>Alunos</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>
<b>Notas</b>	3,0	1,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,5
<b>Alunos</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
<b>Notas</b>	3,5	1,0	3,5	1,0	1,0	2,0	2,5

### APÊNDICE 3

## 2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS AMOSTRAIS:

### 2.1 Cálculos da media aritmética para cada amostra

A. Para a amostra (UEPB)

Com n= 16

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n fix_i}{\sum_{i=1}^n fi} = \bar{X} = \frac{(3,5+2,0+\dots,3,0)}{16} = \mathbf{2,406}$$

$$\bar{X}_{A(UEPB)} = \mathbf{2,406}$$

B. Para a amostra (IFPB)

Com n= 21

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n fix_i}{\sum_{i=1}^n fi} = \bar{X} = \frac{(1,0+2,5+\dots,0,5)}{21} = \mathbf{1,643}$$

$$\bar{X}_{B(IFPB)} = \mathbf{1,643}$$

C. Para a amostra (UFCEG 1)-Turma final de curso

Com n= 21

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n fix_i}{\sum_{i=1}^n fi} = \bar{X} = \frac{(1,0+2,5+\dots,6,0)}{21} = \frac{92,5}{21} = \mathbf{4,405}$$

$$\bar{X}_{C(UFCEG1)} = \mathbf{4,405}$$

D. Para a amostra (UFCEG 2) – Turma início do Curso

Com n= 42

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n fix_i}{\sum_{i=1}^n fi} = \bar{X} = \frac{(1,0+1,0+\dots,3,5)}{42} = \mathbf{2,178}$$

$$\bar{X}_{D(UFCEG2)} = \mathbf{2,178}$$

## 2.2 Cálculos da variância para cada amostra

A. Para a amostra (UEPB)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n f_i x_i)^2}{n}}{\sum_{i=1}^n f_i - 1} = \mathbf{0,607}$$

B. Para a amostra (IFPB)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n f_i x_i)^2}{n}}{\sum_{i=1}^n f_i - 1} = \mathbf{0,803}$$

C. Para a amostra (UFCG 1)- Turma final do curso

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n f_i x_i)^2}{n}}{\sum_{i=1}^n f_i - 1} = \mathbf{1,615}$$

D. Para a amostra (UFCG 2) -Turma início do curso

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n f_i x_i)^2}{n}}{\sum_{i=1}^n f_i - 1} = \mathbf{0,754}$$

## APÊNDICE 4

### 1. Cálculo da estatística do teste de hipótese.

Por não conhecermos os parâmetros da população como o desvio padrão, então faremos uso do teste t de Student, para o cálculo da estatística do teste.

#### 1.1 Etapas do teste de hipótese que compara duas médias:

- ❖ Estabelecer as hipóteses estatísticas

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

- ❖ Escolher o nível de significância  $\alpha = 0,005$

- ❖ Determinar o valor crítico do teste

$g_L = n_A + n_B - 2$  ; Onde  $n_A$  e  $n_B$  são tamanho da Amostra

- ❖ Determinar o valor calculado do teste

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_0^2 (1/n_1 + 1/n_2)}}; \text{ pois } (\mu_1 - \mu_2) = 0$$

$$S_0^2 = \frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{n_A + n_B - 2};$$

$S_A^2$  e  $S_B^2$  são as variâncias das amostras estudadas.

#### 1.2 Comparando as amostras: A (UEPB) E B(IFPB)

Amostra: A (UEPB)	Amostra: B(IFPB)
$\bar{X}_{A(UEPB)} = 2,406$	$\bar{X}_{B(IFPB)} = 1,643$
$S_{A(UEPB)}^2 = 0,607$	$S_{B(IFPB)}^2 = 0,803$
$n_{A(UEPB)} = 16$	$n_{B(IFPB)} = 21$

### 1.2.1- Estabelecendo as hipóteses estatísticas:

$$H_0 : \mu_{A(UEPB)} - \mu_{B(IFPB)} = 0$$

$$H_1 : \mu_{A(UEPB)} - \mu_{B(IFPB)} \neq 0$$

### 1.2.2 - Nível de Significância

95% de confiança;

$\alpha = 0,005$  de significância.

### 1.2.3 - Valor Crítico do teste

$$g.L = n_{A(UEPB)} + n_{B(IFPB)} - 2 = 16 + 21 - 2 = 35$$

$$\text{Então: } t_{0,05; 35} = 2,030$$

### 1.2.4- Determinando o valor calculado do teste t de Student

$S_0^2 = \text{Variância comum estudada}$

$$S_0^2 = \frac{(n_{A(UEPB)} - 1)S_{A(UEPB)}^2 + (n_{B(IFPB)} - 1)S_{B(IFPB)}^2}{n_{A(UEPB)} + n_{B(IFPB)} - 2} = \frac{(16-1) \cdot 0,607 + (21-1) \cdot 0,803}{16 + 21 - 2} = 0,719$$

$$t = \frac{\bar{X}_{A(UEPB)} - \bar{X}_{B(IFPB)}}{\sqrt{S_0^2 \left( \frac{1}{n_{A(UEPB)}} + \frac{1}{n_{B(IFPB)}} \right)}} = \frac{2,406 - 1,643}{\sqrt{0,719 \left( \frac{1}{16} + \frac{1}{21} \right)}} = 2,72$$

**Decisão:**

Com:

$$t_{\text{calculado}} = 2,72 > t_{0,05; 35} = 2,030; \text{ rejeita-se } H_0: \mu_{A(UEPB)} - \mu_{B(IFPB)} = 0$$

Podemos concluir então que as duas médias diferem significativamente entre si, ao nível de 0,05 de significância.

### 1.3- Comparando as amostras: A (UEPB) E C(UFCG1)

Amostra: A (UEPB)	Amostra: C (UFCG1)
$\bar{X}_{A(UEPB)} = 2,406$	$\bar{X}_{C(UFCG1)} = 4,405$
$S_{A(UEPB)}^2 = 0,607$	$S_{C(UFCG1)}^2 = 1,615$
$n_{A(UEPB)} = 16$	$n_{C(UFCG1)} = 21$

#### 1.3.1-Estabelecendo as hipóteses

$$H_0 : \mu_{A(UEPB)} - \mu_{C(UFCG1)} = 0$$

$$H_1 : \mu_{A(UEPB)} - \mu_{C(UFCG1)} \neq 0$$

#### 1.3.2 - Nível de Significância

95% de confiança;

$\alpha = 0,005$  de significância.

#### 1.3.3- Valor crítico do teste

$$g_L = n_{A(UEPB)} + n_{C(UFCG1)} - 2 = 16 + 21 - 2 = 35 \text{ Então: } t_{0,05; 35} = 2,030$$

#### 1.3.4 - Calculando o valor do teste:

$S_0^2 = \text{Variância comum estudada}$

$$S_0^2 = \frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{n_{A(UEPB)} + n_{C(UFCG1)} - 2} = \frac{(16 - 1) \cdot 0,607 + (21 - 1) \cdot 1,615}{16 + 21 - 2} = \frac{9,105 + 32,3}{35} = 1,183$$

$$t = \frac{\bar{X}_{A(UEPB)} - \bar{X}_{C(UFCG1)}}{\sqrt{S_0^2 \left( \frac{1}{n_{A(UEPB)}} + \frac{1}{n_{C(UFCG1)}} \right)}} = \frac{2,406 - 4,405}{\sqrt{1,183 \left( \frac{1}{16} + \frac{1}{21} \right)}} = 15,4$$

**Decisão:**

Com:  $t_{\text{calculado}} = 15,4 > t_{0,05; 35} = 2,030$ ; rejeita-se  $H_0: \mu_{A(UEPB)} - \mu_{C(UFCG1)} = 0$  e portanto aceita  $H_1: \mu_{A(UEPB)} - \mu_{C(UFCG1)} \neq 0$

Podemos concluir então que as duas médias diferem significativamente entre si, ao nível de 0,05 de significância.

**1.4- Comparando as amostras: A (UEPB) E D(UFCG2)**

Amostra: A (UEPB)	Amostra: D (UFCG2)
$\bar{X}_{A(UEPB)} = 2,406$	$\bar{X}_{D(UFCG2)} = 2,178$
$S^2_{A(UEPB)} = 0,607$	$S^2_{D(UFCG2)} = 0,754$
$n_{A(UEPB)} = 16$	$n_{D(UFCG2)} = 42$

**1.4.1 - Estabelecendo as hipóteses**

$$H_0: \mu_{A(UEPB)} - \mu_{D(UFCG2)} = 0$$

$$H_1: \mu_{A(UEPB)} - \mu_{D(UFCG2)} \neq 0$$

**1.4.2 - Nível de Significância**

95% de confiança;

$\alpha = 0,005$  de significância.

**1.4.3- Valor crítico do teste**

$$g_L = n_{A(UEPB)} + n_{D(UFCG2)} - 2 = 16 + 42 - 2 = 56 \approx 60$$

Então:  $t_{0,05; 60} = 2,000$

#### 1.4.4- Calculando o valor do teste:

$S_0^2 =$  Variância comum estudada

$$S_0^2 = \frac{(n_{A(UEPB)}-1)S_{A(UEPB)}^2 + (n_{D(UFCG2)}-1)S_{D(UFCG2)}^2}{n_{A(UEPB)} + n_{D(UFCG2)} - 2} = \frac{(16-1)*0,607 + (42-1)*0,754}{16 + 42 - 2} = \mathbf{0,715}$$

$$t = \frac{\bar{X}_{A(UEPB)} - \bar{X}_{D(UFCG2)}}{\sqrt{S_0^2 (1/n_{A(UEPB)} + 1/n_{D(UFCG2)})}} = \frac{2,406 - 2,178}{\sqrt{0,715(1/16 + 1/42)}} = \mathbf{0,92}$$

#### Decisão:

Com:  $t_{calculado} = 0,92$  é menor  $t_{0,05; 60} = 2,000$ ; aceitamos  $H_0: \mu_{A(UEPB)} - \mu_{D(UFCG2)} = 0$

Podemos concluir então que as amostras são iguais, ao nível de 0,05 de significância.

#### 1.5- Comparando as amostras: B(IFPB) e C(UFCG1)

Amostra: B(IFPB)	Amostra: C (UFCG1)
$\bar{X}_{B(IFPB)} = 1,643$	$\bar{X}_{C(UFCG1)} = 4,405$
$S_{B(IFPB)}^2 = 0,803$	$S_{C(UFCG1)}^2 = 1,615$
$n_{B(IFPB)} = 21$	$n_{C(UFCG1)} = 21$

##### 1.5.1- Estabelecendo as hipóteses estatísticas:

$$H_0: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{C(UFCG1)} = 0$$

$$H_1: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{C(UFCG1)} \neq 0$$

##### 1.5.2- Nível de Significância

95% de confiança;

$\alpha = 0,005$  de significância.

### 1.5.3 - Valor Crítico do teste

$$g_L = n_{B(IFPB)} + n_{C(UFCG1)} - 2 = 21 + 21 - 2 = 40$$

$$\text{Então: } t_{0,05; 40} = 2,021$$

### 1.5.4 - Determinando o valor calculado do teste t de Student

$$S_0^2 = \text{Variância comum estudada}$$

$$S_0^2 = \frac{(n_{B(IFPB)} - 1)S_{B(IFPB)}^2 + (n_{C(UFCG1)} - 1)S_{C(UFCG1)}^2}{n_{B(IFPB)} + n_{C(UFCG1)} - 2} = \frac{(21-1)*0,803 + (21-1)*1,615}{21 + 21 - 2} = 1,209$$

$$t = \frac{\bar{X}_{B(IFPB)} - \bar{X}_{C(UFCG1)}}{\sqrt{S_0^2 \left( \frac{1}{n_{B(IFPB)}} + \frac{1}{n_{C(UFCG1)}} \right)}} = \frac{1,643 - 4,405}{\sqrt{1,209 \left( \frac{1}{21} + \frac{1}{21} \right)}} = 8,15$$

#### Decisão:

Com:  $t_{\text{calculado}} = 8,15 > t_{0,05; 40} = 2,021$ ; rejeita-se  $H_0: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{C(UFCG1)} = 0$  e aceitamos  $H_1: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{C(UFCG1)} \neq 0$ .

Podemos concluir então que as duas médias diferem significativamente entre si, ao nível de 0,05 de significância.

## 1.6- Comparando as amostras: B(IFPB) e D(UFCG2)

Amostra: B(IFPB)	Amostra: D (UFCG2)
$\bar{X}_{B(IFPB)} = 1,643$	$\bar{X}_{D(UFCG2)} = 2,178$
$S_{B(IFPB)}^2 = 0,803$	$S_{D(UFCG2)}^2 = 0,754$
$n_{B(IFPB)} = 21$	$n_{D(UFCG2)} = 42$

### 1.6.1 - Estabelecendo as hipóteses estatísticas:

$$H_0: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{D(UFCG2)} = 0$$

$$H_1: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{D(UFCG2)} \neq 0$$

### 1.6.2 - Nível de Significância

95% de confiança;  
 $\alpha = 0,005$  de significância.

### 1.6.3 - Valor Crítico do teste

$$gL = n_{B(IFPB)} + n_{D(UFCG2)} - 2 = 21 + 42 - 2 = 61 \approx 60$$

$$\text{Então: } t_{0,05; 60} = 2,000$$

### 1.6.4 - Determinando o valor calculado do teste t de Student

$S_0^2 = \text{Variância comum estudada}$

$$S_0^2 = \frac{(n_{B(IFPB)} - 1)S_{B(IFPB)}^2 + (n_{D(UFCG2)} - 1)S_{D(UFCG2)}^2}{n_{B(IFPB)} + n_{D(UFCG2)} - 2} = \frac{(21-1)*0,803 + (42-1)*0,754}{21 + 42 - 2} = 0,770$$

$$t = \frac{\bar{X}_{B(IFPB)} - \bar{X}_{D(UFCG2)}}{\sqrt{S_0^2 \left( \frac{1}{n_{B(IFPB)}} + \frac{1}{n_{D(UFCG2)}} \right)}} = \frac{1,643 - 2,178}{\sqrt{1,209 \left( \frac{1}{21} + \frac{1}{42} \right)}} = 2,29$$

#### Decisão:

Com:  $t_{calculado} = 2,29 > t_{0,05; 60} = 2,000$ ; rejeita-se  $H_0: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{D(UFCG2)} = 0$  e aceitamos  $H_1: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{D(UFCG2)} \neq 0$ .

Como o t calculado é maior que o t crítico, podemos concluir então que as duas médias diferem entre si, ao nível de 0,05 de significância.

Ao estabelecermos um nível de significância de 4% aceitamos:  $H_0: \mu_{B(IFPB)} - \mu_{D(UFCG2)} = 0$ , pois  $t_{calculado} = 2,29 < t_{0,04; 60} = 2,399$ ,

Então podemos concluir que as amostras são iguais.

### 1.7- Comparando as amostra: C(UFCG1) e D(UFCG2)

Amostra: C (UFCG1)	Amostra: D (UFCG2)
$\bar{X}_{C(UFCG1)} = 4,405$	$\bar{X}_{D(UFCG2)} = 2,178$
$S_{C(UFCG1)}^2 = 1,615$	$S_{D(UFCG2)}^2 = 0,754$
$n_{C(UFCG1)} = 21$	$n_{D(UFCG2)} = 42$

#### 1.7.1 - Estabelecendo as hipóteses

$$H_0 : \mu_{C(UFCG1)} - \mu_{D(UFCG2)} = 0$$

$$H_1 : \mu_{C(UFCG1)} - \mu_{D(UFCG2)} \neq 0$$

#### 1.7.2 – Nível de Significância

95% de confiança;

$\alpha = 0,005$  de significância.

#### 1.7.3 - Valor crítico do teste

$$gL = n_{C(UFCG1)} + n_{D(UFCG2)} - 2 = 21 + 42 - 2 = 61 \approx 60$$

$$\text{Então: } t_{0,05; 60} = 2,000$$

#### 1.7.4 - Calculando o valor do teste:

$S_0^2 = \text{Variância comum estudada}$

$$S_0^2 = \frac{(n_{C(UFCG1)} - 1)S_{C(UFCG1)}^2 + (n_{D(UFCG2)} - 1)S_{D(UFCG2)}^2}{n_{C(UFCG1)} + n_{D(UFCG2)} - 2} = \frac{(21-1)*1,615 + (42-1)*0,754}{21 + 42 - 2} = 1,04$$

$$t = \frac{\bar{X}_{C(UFCG1)} - \bar{X}_{D(UFCG2)}}{\sqrt{S_0^2 (1/n_{C(UFCG1)} + 1/n_{D(UFCG2)})}} = \frac{4,405 - 2,178}{\sqrt{1,04 (1/21 + 1/42)}} = 8,2$$

**Decisão:**

Com  $|t_{\text{calculado}}| = 8,2 > t_{0,05;60} = 2,000$ ; rejeitamos  $H_0: \mu_C(\text{UFCG1}) - \mu_D(\text{UFCG2}) = 0$

Podemos concluir então que as amostras são diferentes, ao nível de 0,05 de significância

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS  
DOUTORADO**

**CARIRIS PARAIBANOS: DO SESMARIALISMO AOS ASSENTAMENTOS DE  
REFORMA AGRÁRIA. RAÍZES DA DESERTIFICAÇÃO?**

**Orientador Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra  
Orientando Daniel Duarte Pereira**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2008**

**CARIRIS PARAIBANOS: DO SESMARIALISMO AOS ASSENTAMENTOS DE  
REFORMA AGRÁRIA. RAÍZES DA DESERTIFICAÇÃO?**