

Significados dos conceitos da termodinâmica e possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes do ensino médio e técnico

Edi Terezinha de Oliveira Grings¹

Concesa Caballero²

Marco Antonio Moreira³

Resumo

Este trabalho resume uma pesquisa que teve por objetivos detectar o nível de conceitualização atribuído pelos estudantes a conceitos básicos da Termodinâmica (temperatura, calor, energia interna, trabalho e entropia) e inferir possíveis indicadores de invariantes operatórios. Foram pesquisados 99 estudantes do ensino médio e técnico da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo, Brasil, através de um questionário. Também foram entrevistados quatro estudantes para verificar se os indicadores de invariantes operatórios anteriormente identificados persistiam. Utilizou-se, como aporte teórico, as teorias da aprendizagem significativa de Ausubel, dos campos conceituais de Vergnaud e da mediação de Vygotsky. Concluiu-se que os significados atribuídos pelos estudantes aos conceitos da Termodinâmica apresentam muitas concepções alternativas, inferiu-se também sobre a presença de invariantes operatórios que se apresentaram como obstáculo, quando os estudantes foram expostos a situações-problema. Constatou-se que os estudantes nessas situações evidenciam avanços e retrocessos no campo conceitual da Termodinâmica.

Palavras-chave: conceitos termodinâmicos, campos conceituais, invariantes operatórios.

Abstract

This study aimed at finding out the level of conceptualization assigned by students to basic concepts of thermodynamics (temperature, heat, internal energy, work and entropy) and inferring possible indicators of operational invariants. The research was carried out through a questionnaire with 99 students from Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (a technical high school) in Novo Hamburgo, Brazil. In addition, four students were interviewed in order to verify whether the indicators of operational invariants previously identified were the same or not. The main theoretical framework was Ausubel's meaningful learning theory, Vergnaud's conceptual fields theory and Vygotsky's mediation theory. It was concluded that the meaning assigned by the students to the concepts of thermodynamics presented many alternative conceptions. It was also inferred the presence of operational invariants which were taken as obstacles when some problem-situations were presented to these students. In addition, it was also found out that these students have stepped forward and backward in the conceptual field of thermodynamics.

Keywords: thermodynamical concepts, conceptual fields, operational invariants.

1 Introdução

Este trabalho resume uma pesquisa realizada em três etapas (GRINGS, CABALLERO e MOREIRA, 2006; GRINGS, MOREIRA e CABALLERO, 2006). Inicialmente, buscou-se o nível de conceitualização dos principais conceitos da Termodinâmica (temperatura,

calor, energia interna, trabalho e entropia). A segunda etapa teve a finalidade de descrever as dificuldades apresentadas por alunos do ensino médio. Dentre essas dificuldades pretendeu-se inferir indicadores para pesquisar conhecimentos implícitos que poderiam ser

¹ Professora da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo, RS, Brasil. E-mail: editog@terra.com.br

² Departamento de Física. Faculdade de Ciências, UBU, Burgos, Espanha. E-mail: concesa@ubu.es

³ Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: moreira@if.ufrgs.br

considerados como invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação) utilizados pelos alunos ao abordar situações propostas referentes a esses conceitos. Na primeira e segunda etapas, foi utilizado um questionário de quatro questões, cada uma delas com um número variável de itens de resposta aberta, totalizando 22 itens. O instrumento foi aplicado em uma amostra de 99 estudantes de 4ª série dos cursos de Eletrotécnica (27 estudantes), Eletrônica (21 estudantes), Mecânica (24 estudantes) e de 3ª série do curso de Química (27 estudantes) da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha. A última etapa analisa as dificuldades, os avanços e os retrocessos apresentados por alunos do ensino médio e técnico na aprendizagem dos conceitos da Termodinâmica. Nesta etapa foi utilizado um instrumento baseado em entrevistas, as quais foram conduzidas no sentido de os alunos responderem inicialmente às questões por escrito, e em seguida explicarem as suas respostas. Foram entrevistados quatro estudantes dos cursos de Eletrotécnica, Mecânica, Eletrônica e Química, respectivamente.

Os conceitos da Termodinâmica abordados neste trabalho estão relacionados às grandezas macroscópicas: pressão, volume e temperatura, mas também estão associados às grandezas microscópicas que descrevem os átomos e as moléculas que constituem um sistema, suas velocidades, energias, massas, momentos angulares, comportamento durante colisões, etc. Moléculas e átomos se atraem ou se repelem quando estão muito próximos, essa interação implica uma energia potencial interna, e o movimento dos átomos e moléculas conduz a uma energia cinética interna. Denomina-se *energia interna* o conjunto das energias de movimento e de interação das partículas de um corpo (MOREIRA, 1999). A energia interna pode se manifestar macroscopicamente através do que se convencionou chamar de temperatura do corpo. A *temperatura* está associada à energia cinética média das moléculas e átomos de um corpo. Um aumento da energia cinética média dos átomos e moléculas conduz a um aumento da temperatura (*ibid.*). Uma variação da energia cinética média dos átomos e moléculas de um corpo implica uma variação de sua energia interna, no entanto a variação da energia interna não se manifesta somente através de uma variação de temperatura, pois numa mudança de estado físico, a temperatura permanece constante enquanto a energia interna varia. Nesse caso, a variação da energia interna está relacionada à variação da energia potencial dos átomos e moléculas (*ibid.*). Uma variação da energia interna pode se manifestar, macroscopicamente, através de uma variação de temperatura ou de uma mudança de estado físico. Quando a energia é transferida, em virtude de uma diferença de temperatura, essa energia denomina-se calor. Assim, *calor* é a energia transferida de um corpo para outro, ou para sua vizinhança, em virtude de uma diferença de temperatura. Por outro lado, o conceito de *trabalho* é usado para exprimir o processo de transferência de energia sem que haja diferenças de

temperatura. O trabalho feito por uma força que desloca um objeto é definido como o produto da componente da força na direção do deslocamento pela magnitude do deslocamento provocado pela força (*ibid.*). O trabalho resulta de uma transferência de energia, cinética ou potencial, de um corpo para outro, não envolvendo variação de temperatura.

Um sistema ordenado tem baixa entropia, enquanto um sistema desordenado tem alta entropia. A *entropia* pode ser definida como a medida do grau de desordem de um sistema. A entropia está intimamente relacionada às idéias de ordem e desordem quando essas são definidas em termos de probabilidade de ocorrência de uma determinada distribuição estatística para um conjunto de elementos (*op. cit.*, p. 8-9). Qualquer sistema ordenado existente na natureza tenderá sempre, espontaneamente, a uma configuração menos ordenada; a tendência em todos os processos naturais é sempre em direção a um estado de maior entropia. Enquanto a energia sempre se conserva nas transformações espontâneas ocorridas na natureza, a entropia sempre tende a aumentar (*op. cit.*, p. 8). Por outro lado, quando a entropia aumenta passa-se a ter menos disponibilidade de energia para conversão em trabalho. Assim, a *entropia* também pode ser interpretada como uma medida da indisponibilidade de energia. Um aumento de entropia corresponde a uma diminuição de energia disponível.

Este trabalho procura a interpretação dada pelos estudantes a conceitos básicos da Termodinâmica. À medida que os significados atribuídos pelos estudantes evoluem, vai ocorrendo também a conceitualização e, em conseqüência, o desenvolvimento cognitivo. Por isso, é tão importante detectar tal nível de conceitualização, uma vez que tais significados fazem parte dos conhecimentos prévios dos estudantes que podem evoluir ao longo do tempo para conhecimentos científicos e contribuir para o processo de evolução do desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a teoria dos campos conceituais de Vergnaud e a teoria da mediação de Vygotsky evidenciam a importância da conceitualização para o desenvolvimento cognitivo. A conceitualização está sempre presente em toda a atividade, explícita ou implícita, consciente ou inconsciente. A análise da conceitualização implícita é um problema fundamental. É imprescindível olhar como a atividade se realiza em cada etapa e nuclear as conceitualizações implícitas (VERGNAUD, 2005, p. 100). Por isso, é necessário identificar os significados atribuídos pelos estudantes aos conceitos e inferir possíveis indicadores de invariantes operatórios que possam entrar no desenvolvimento conceitual, para que tais conceitos possam ser negociados explicitamente e evoluam para conceitos científicos.

2 Referencial teórico

Este trabalho utiliza como aporte, as mencionadas teorias da aprendizagem significativa de Ausubel, da

mediação de Vygotsky e a dos campos conceituais de Vergnaud, uma vez que tais teorias são complementares e dão evidência à conceitualização como fundamento ao processo do desenvolvimento cognitivo. Por outro lado, tais teorias enfatizam que o novo conhecimento é construído a partir de conhecimentos anteriores: Vygotsky (2001, p. 289-290) explica que "o desenvolvimento do conhecimento científico deve, sem falta, apoiar-se sobre um certo nível de maturação dos conceitos espontâneos"; Vergnaud (2003, p. 58) salienta que "quando aprendemos alguma coisa nova, temos de nos apoiar em conhecimentos anteriores"; Ausubel, (1978, p. 4), diz que "o fator isolado mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe".

2.1 A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel

Para Ausubel, a aprendizagem de conceitos ocorre de duas formas. A primeira, a formação de conceitos, ocorre quando as crianças são pequenas, eventualmente ocorre em adultos. A formação de conceitos se dá pela regularidade de encontros com o objeto, através de processos como abstração, indução e descoberta, ainda que de forma elementar. A outra forma, a assimilação, ocorre em crianças em idade escolar, adolescentes e adultos. Este processo pode ocorrer de três maneiras: quando os novos conceitos são subordinados aos conceitos já existentes (aprendizagem subordinada); quando os conceitos já existentes ficam subordinados aos novos conceitos (aprendizagem superordenada) e por combinação, quando nem os conceitos preexistentes são subordinados aos novos e nem os novos são subordinados aos preexistentes, ou seja, a idéia nova e a idéia já estabelecida não estão relacionadas hierarquicamente (aprendizagem combinatória).

2.2 A teoria da mediação de Vygotsky

A criança, ao adquirir a linguagem, não aprende somente um repertório de palavras, mas, principalmente, uma estrutura de pensamento. Esse processo de internalização da palavra, que conduz à formação de conceitos, começa na primeira infância e se estabelece na adolescência (GRECA e MOREIRA, 2000, p. 41). Os conceitos para as crianças são contextuais e vinculados a experiências imediatas, estando restritos a aspectos mais sensoriais ou a aparências externas mais salientes. Os conceitos dos adultos têm estruturas de definição, ou seja, seus significados poderiam ser descritos a partir de um conjunto de características necessárias e suficientes (*ibid.*). A formação de conceito, nessa visão, passa por um processo de construção que vai de etapas mais concretas a etapas mais abstratas, e as duas etapas podem ocorrer simultaneamente de tal forma que a passagem de uma para outra não seja sentida pelo sujeito, pois é, ao mesmo tempo, gradual e concomitante, não havendo, portanto, ruptura entre elas. O processo de formação dos conceitos espontâneos parte de casos particulares em direção à abstração, enquanto os conceitos científicos

partem da abstração em direção a níveis mais elementares e concretos. Assim, há dois tipos de conceitos a serem formados, os conceitos do cotidiano e os conceitos científicos. O acesso aos conceitos científicos ou formais é mediado por conceitos do cotidiano ou conceitos científicos adquiridos anteriormente.

2.3 A teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud

Para Vergnaud, o conhecimento está organizado em campos conceituais. O sujeito se apropria destes campos conceituais ao longo de muito tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Para o autor, campo conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento conectados uns aos outros e provavelmente relacionados durante o processo de aquisição. A teoria dos campos conceituais considera a conceitualização o ângulo do desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 2002, p. 2-3). Os conceitos de campo conceitual, de conceito, de situações, de esquema (herança piagetiana) e de invariante operatório (teorema-em-ação ou conceito-em-ação) são a espinha dorsal de sua teoria. Vergnaud define os conceitos a partir de três conjuntos: i) um conjunto de situações que constitui o referente do conceito (S); ii) um conjunto de invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) (I); iii) um conjunto de representações simbólicas que compõe seu significante (R). Assim, conceito só pode ser definido a partir de situações que estão relacionadas com as representações simbólicas através do conjunto de invariantes operatórios. Teoremas-em-ação são proposições que o sujeito acredita serem verdadeiras sobre a realidade. Conceitos-em-ação são propriedades, categorias, atributos que o sujeito acredita serem pertinentes a uma dada situação.

3 Análise de resultados

Os significados atribuídos pelos estudantes aos conceitos da Termodinâmica, na primeira etapa da pesquisa (GRINGS, MOREIRA e CABALLERO, 2006), foram organizados em categorias de acordo com a sua semelhança. Assim, o significado de temperatura foi relacionado à energia, a calor, à agitação dos átomos e moléculas e à sensação térmica. O significado de calor foi associado à energia, à temperatura, ao calórico e ao movimento das moléculas. O significado de energia interna foi aproximado ao da energia que os corpos possuem dentro do corpo, ao de calor, de movimento de moléculas e de temperatura. O significado de trabalho foi relacionado à energia, a esforço físico, a movimento e à força e deslocamento. Com relação à entropia, os estudantes não apresentaram significados lógicos ou não responderam. Muitos dos significados atribuídos aos conceitos de temperatura e calor já foram catalogados como idéias prévias detectadas por diversos autores. Embora essas idéias prévias possam servir como obstáculo epistemológico, Vygotsky (*apud*

VERGNAUD, 2004, p.22) salienta que "o desenvolvimento dos conceitos científicos deve, sem falta, apoiar-se sobre um certo nível de maturação dos conceitos espontâneos que não podem ser desprovidos de interesse para a formação dos conceitos científicos". Também nos significados de energia interna e trabalho encontraram-se respostas relacionadas aos conceitos cotidianos como: energia interna associada à energia contida dentro do corpo ou trabalho associado a esforço físico. Esses conceitos já foram desenvolvidos no ensino formal para esses estudantes, mas

um conceito é mais do que a soma de certos vínculos associativos formados pela memória, é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por simples memorização, só podendo ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental já houver atingido o seu nível mais elevado. Os conceitos psicologicamente construídos evoluem como significados das palavras. No início é uma generalização do tipo mais elementar que é substituída por generalizações de um tipo cada vez mais elevado, culminando o processo na formação dos verdadeiros conceitos (VYGOSTKY, 2001, p. 246).

A aprendizagem de conceitos é um processo em evolução que ocorre ao longo do tempo. Assim, é normal que a primeira conceitualização esteja mais relacionada aos conceitos cotidianos.

Na segunda etapa da pesquisa (GRINGS, CABALLERO e MOREIRA, 2006), obteve-se o que foi chamado de possíveis indicadores de invariantes operatórios, que são proposições tidas como verdadeiras para os estudantes, como as que seguem:

- "a temperatura é a variação de um estado quente para um estado frio";
- "a temperatura é a variação do calor";
- "na realização de trabalho há liberação de calor";
- "o calor é igual à energia interna, que é igual ao trabalho";
- "a temperatura é diretamente proporcional ao volume";
- "a diferença de temperatura leva à diminuição da temperatura do bloco de maior temperatura e ao aumento do bloco de menor temperatura";
- "o corpo de menor temperatura recebe calor até os corpos atingirem o equilíbrio térmico";
- "ocorre transferência de calor quando os corpos estão encostados";
- "a energia interna é baixa quando a temperatura é baixa, ou a energia interna é nula num corpo a 0°C";
- "em corpos de mesma temperatura, a energia interna é igual, independente do estado físico";
- "quando a energia interna aumenta o trabalho será positivo; ou quando a energia interna diminui o trabalho será negativo";

– "é necessária uma fonte de calor para aumentar a temperatura de um corpo";

– "ocorre transferência de calor, quando os corpos estão próximos".

Nesta etapa da pesquisa (*ibid.*), teve-se o cuidado de trabalhar com o que foi chamado de "possíveis indicadores de invariantes operatórios", porque se tem consciência de que a identificação de invariantes operatórios (regras que o sujeito considera verdadeiras sobre a realidade e categorias de pensamento tidas como pertinentes), segundo Vergnaud, não tem nada de trivial. Os invariantes operatórios são componentes dos esquemas e estes se aplicam a classes de situações. Seria, então, necessário propor ao sujeito várias situações de uma mesma classe para tentar perceber alguma regularidade em suas respostas que pudesse ser identificada como invariante operatório.

Na última etapa da pesquisa, quando foram realizadas entrevistas, exemplificamos os resultados com recortes das falas dos estudantes. Foi proposto aos estudantes um conjunto de questões, em que eles, inicialmente, deveriam responder por escrito e posteriormente explicar as suas respostas através da entrevista.

Primeiro conjunto de questões:

- 1.1 Ocorre transferência de calor na seguinte situação (entre corpos à temperatura de -10°C e à temperatura de 20°C)? Explique.



Corpos à temperatura de -10°C e à temperatura de 20°C.

- 1.2 Ocorre transferência de calor na seguinte situação (entre corpos à temperatura de -40°C e à temperatura de -10°C)? Explique.



Corpos à temperatura de -40°C e à temperatura de -10°C.

- 1.3 Ocorre transferência de calor na seguinte situação (entre corpos à temperatura de 10°C e à temperatura de 40°C)? Explique.



Corpos à temperatura de 10°C e à temperatura de 40°C.

- 1.4 Ocorre transferência de calor na seguinte situação (entre corpos à temperatura de -20°C e à temperatura de 30°C)? Explique.



Corpos à temperatura de -20°C e à temperatura de 30°C.

O aluno A responde que não há transferência de calor entre os corpos nas três primeiras situações, pois

não há superfície de contato entre eles. No último, há transferência de calor até ocorrer o equilíbrio térmico. Este aluno explica através da entrevista:

[...] não tem transferência de calor na 1.1, 1.2 e 1.3, porque eles não estão em contato. Na 1.4 há transferência de calor, pois eles estão com temperaturas diferentes, e eles têm uma superfície de contato em comum e, por isso, haverá transferência de calor até o momento em que entrarem em equilíbrio térmico.

O aluno D responde que há transferência de calor com o ar, nos três primeiros casos (itens 1.1, 1.2 e 1.3) e no último (item 1.4), há transferência de calor de um corpo para o outro. Então, questiona-se:

Pesquisadora: "Tu afirmas que ocorre transferência de calor com o ar. Não ocorre transferência de calor, por exemplo, de um corpo para o outro?"

Aluno D: "[...] Só há transferência de calor quando os corpos estão em contato. [...] e na última questão, (item 1.4) como eles estão juntos, a tendência é a temperatura dos dois se igualar, porque eles estão em contato um com o outro."

Conjunto de questões número três:

- 3.1 A figura representa o aquecimento de uma xícara de café. A partir da figura, descreva uma maneira de ir de B para A (FERRACIOLI e CASTRO, 2002).



- 3.2 É possível ceder calor a um gás, e sua temperatura não sofrer variação? Explique (MÁXIMO e ALVARENGA, 1998).
- 3.3 É possível fornecer calor a um gás, e, apesar disso, sua temperatura diminuir? Explique (MÁXIMO e ALVARENGA, 1998).
- 3.4 Assinale as afirmativas seguintes e diga se cada uma delas está certa ou errada. Justifique sua resposta.
- I Sempre que um gás recebe calor, sua temperatura sofre um acréscimo.
- II Se um gás recebe calor e sua energia interna não varia, seu volume aumenta obrigatoriamente (MÁXIMO e ALVARENGA, 1998).

O aluno A explica: "na questão 3.1, utilizando uma fonte de calor o café pode esquentar."

O aluno B responde: "na questão 3.1, acho que uma maneira do aquecimento do café é a troca de calor com uma substância com uma temperatura mais elevada que ele."

A aluna C diz: "na questão 3.1, [...] colocando água quente no café frio vai alterar a temperatura e vai aquecer o café [...]."

O aluno D, "na questão 3.2, responde que não, explicando que a variação da temperatura sempre ocorre quando um corpo recebe ou cede calor, mas na entrevista, ele se contradiz: "é possível ceder calor sem sofrer mudança (o aluno quer dizer variação de temperatura)?" [...] Até teria, só que teria que variar ou a pressão ou o volume, ou os dois."

Pesquisadora: "Tu achas que sempre que um gás recebe calor a sua temperatura aumenta?"

Aluno D: "Acho que não, pois poderia variar a pressão ou o volume. A temperatura se mantém constante, ao invés da temperatura, varia a pressão ou o volume."

Esta etapa do trabalho mostra como é tortuoso o caminho para o progresso dos alunos em um campo conceitual. Ele não é linear, possui avanços e retrocessos, filiações e rupturas. O desenvolvimento do campo conceitual é diferente para os diferentes alunos. Enquanto um avança corretamente no campo conceitual, outro avança e retrocede. Cada aluno se desenvolve de maneira distinta dentro do campo conceitual. O que se pode observar em todos é a não-linearidade, e os avanços e retrocessos. Vergnaud (2003, p. 50) também chama a atenção: "uma flagrante complexidade didática deriva do fato que os alunos não se desenvolvem todos da mesma maneira. Há alunos que compreendem bem umas coisas e outros não".

Na questão um, as respostas dos alunos A e C, assim como na etapa anterior, evidenciam o invariante operatório: "ocorre transferência de calor somente quando os corpos estão encostados".

Na questão 3.1, há evidências de um outro invariante operatório que também apareceu na etapa anterior, os alunos A, B e C acreditam que, para haver um aumento de temperatura, é necessário uma fonte de calor ou um corpo de maior temperatura, o que levaria ao seguinte invariante operatório: "é sempre necessário uma fonte de calor para aumentar a temperatura de um corpo".

4 Conclusão

Os significados apresentados pelos estudantes estão ainda distantes da conceitualização aceita pela comunidade científica. Esses conceitos já foram desenvolvidos no ensino formal para esses estudantes, mas a aprendizagem de conceitos é um processo em evolução que ocorre ao longo do tempo, assim, é normal que a primeira conceitualização esteja mais relacionada aos conceitos cotidianos.

Os resultados da segunda parte da pesquisa lembram as concepções alternativas, mas os invariantes operatórios podem representar um avanço, pois são estruturas mais elementares constituintes, por exemplo, de modelos mentais e esquemas de assimilação. Por outro lado, destaca-se que, no ensino de ciência, é sempre necessário fazer com que os estudantes explicitem seus invariantes operatórios para que possam ser discutidos, e o professor, no seu papel de mediador, possa ajudá-los a aproximar seus significados conceituais daqueles aceitos

pela comunidade científica. Para isso, é fundamental a seleção de situações-problema adequadas.

Na terceira parte, onde foi empregada a entrevista, evidenciou-se a dificuldade para o desenvolvimento de um campo conceitual, como foi dito, não é um caminho linear, mas possui avanços e retrocessos, filiações e rupturas.

Este trabalho fez uma análise do Campo Conceitual da Termodinâmica, concluiu-se que os significados atribuídos pelos estudantes aos conceitos investigados apresentam muitas concepções alternativas e inferiu-se, também, sobre a presença de invariantes operatórios que se apresentaram como obstáculo quando os estudantes foram expostos a situações-problema. Constatou-se que os estudantes nestas situações efetivamente evidenciam avanços e retrocessos no campo conceitual da Termodinâmica.

Para finalizar o trabalho, apresenta-se, na figura 1, um "V" de Gowin para esta pesquisa. O diagrama V (MOREIRA, 2006) é um instrumento heurístico que evidencia a estrutura de um processo de produção de conhecimentos, ou seja, de uma pesquisa.

Referências

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. 2. ed. **Educational psychology: a cognitive view**. Nova York: Holt Rinehart and Winston, 1978.

FERRACIOLI, L.; CASTRO, R. Segunda lei da Termodinâmica: um estudo de seu entendimento por professores do Ensino Médio. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**. Águas de Lindóia, 2002.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos de Termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, p. 1-9, 2006.

GRINGS, E. T. O.; MOREIRA, M. A.; CABALLERO, C. Significados atribuídos pelos estudantes a conceitos da Termodinâmica. In: **Actas del V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Madrid, 2006.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física 2**. 2. ed. São Paulo: Editora Scipione, 1998.

MOREIRA, M. A. **Energia Entropia e Irreversibilidade**. UFRGS, Porto Alegre, 1999, Grupo de Ensino de Física. Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 9.

MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.7, n.1, p.1-25, 2002.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

VERGNAUD, G. A gênese dos campos conceituais. In: GROSSI, E. P. **Por que ainda há quem não aprende?** 2. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2003. p.21-60.

VERGNAUD, G. **Lev Vygotski: pedagogo e pensador do nosso tempo**. Porto Alegre: GEEMPA, 2004.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

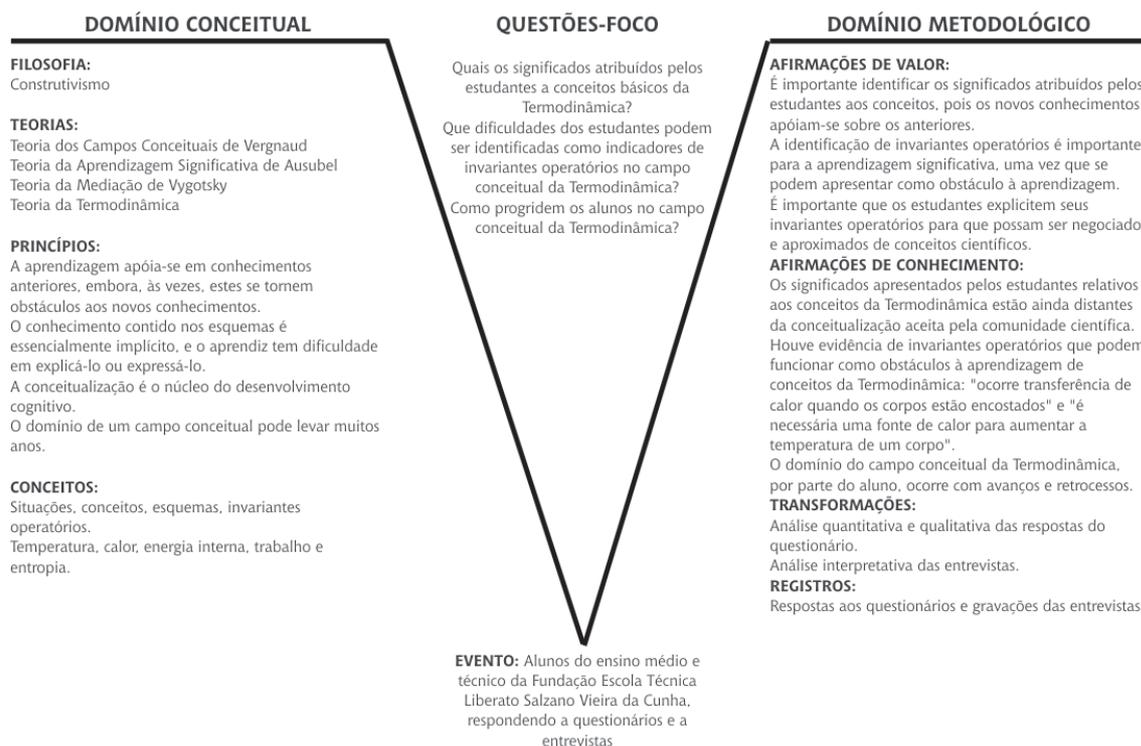


Figura 1 – Vê epistemológico sobre a pesquisa realizada