



ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA TÉRMICA A PARTIR DE SITUAÇÕES: UMA APROXIMAÇÃO AOS INVARIANTES OPERATÓRIOS DE VERGNAUD

TEACHING OF THERMAL PHYSICS CONCEPTS FROM SITUATIONS: AN ATTEMPT TO REACH VERGNAUD'S OPERATIONAL INVARIANTS

Lurdes Eliane Rothmund Bolfe¹

Vania Elisabeth Barlette²

¹Escola Estadual de Educação Básica Padre Benjamim Copetti, Sobradinho, RS/Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, RS, elianebolfe@gmail.com

²Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, RS, vebarlette@gmail.com

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo preliminar cujo objetivo é investigar dificuldades na aprendizagem de conceitos de Física Térmica relacionados à dilatação e à contração térmicas por alunos do ensino médio a partir da identificação de indícios de invariantes operatórios de Vergnaud sobre a aprendizagem destes conceitos, dentro dos limites de três situações apresentadas aos alunos em um encontro de duas horas-aula. São participantes da pesquisa 12 alunos, com idades entre 15 e 18 anos, da 2ª série da Escola Estadual de Educação Básica Padre Benjamim Copetti, Sobradinho, RS. Para as análises, utilizaram-se registros escritos nos cadernos de atividades dos alunos. Durante o tempo de exposição às situações, indícios de invariantes operatórios revelam dificuldades conceituais que trabalham desfavoravelmente na aprendizagem dos novos conceitos científicos.

Palavras-chave: Invariantes operatórios; Teoria dos Campos Conceituais; Conceitos de Física Térmica; Ensino de Física.

Abstract

This work presents a preliminary study aiming to investigate difficulties of learning thermal physics concepts regarding to the thermal expansion and to the thermal contraction by high school students from the identification of traces of Vergnaud's operational invariants regarding to learning of these concepts, within the limits of three situations presented for the students at a class of two hours. Research participants are 12 students, aged between 15 and 18, of 2nd serie of the Escola Estadual de Educação Básica Padre Benjamim Copetti, Sobradinho, RS. For analysis, written entries on activity books of the students were used. During the time of exposure to the situations, some traces of Vergnaud's operational

invariants reveal conceptual difficulties that work adversely in learning new scientific concepts.

Keywords: Operational invariants; Conceptual fields theory; Thermal physics concepts; Physics education.

INTRODUÇÃO

O professor vive hoje uma escola que está em mudança e que exige dele uma constante renovação de sua prática em sintonia com as novas formas de ensino e de aprendizagem. Uma perspectiva contextualizada e que contribua para uma formação crítica e atuante do aluno é uma das formas de contribuir para uma formação global e o exercício da cidadania. No ensino das ciências físicas, o estudo de conceitos a partir do envolvimento do aluno em questões da sua realidade pode ser um estímulo à reflexão, à crítica, e a busca pela compreensão dos fundamentos científicos pertencentes àquela realidade.

A realidade contém em si múltiplos conteúdos de ensino, múltiplos conceitos, de forma inter-relacionada, imbricada, complexa, e ao mesmo tempo envolvente. Buscar uma compreensão da realidade sob a ótica dos fenômenos físicos, ainda que parcial, é tarefa que exige muito esforço e estudo, uma vez que um único fenômeno físico encerra vários conceitos, e um mesmo conceito físico pode estar em mais de um fenômeno físico.

Nesse sentido, este trabalho apresenta resultados preliminares de um estudo mais amplo que vem sendo desenvolvido a partir do planejamento de uma proposta de ensino de conceitos de Física Térmica em nível médio, tendo-se como referência um tema da realidade dos alunos – a produção de fumo de estufa – e da avaliação desta proposta por meio de uma experiência didática, no âmbito de uma dissertação de Mestrado em nível profissionalizante. Nesse estudo mais amplo, a proposta de ensino de conceitos de Física Térmica foi desenvolvida à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, com o auxílio de um vídeo de produção própria, em que várias situações, envolvendo processos da produção de fumo de estufa e processos térmicos, foram planejadas para serem exploradas pelos alunos durante a aplicação da proposta. Uma análise de um dos momentos dessa pesquisa foi apresentada em evento da área (BOLFE; BARLETTE, 2007) e envolve as relações de significado construídas por alunos do ensino médio entre processos de produção de fumo de estufa e conceitos e processos térmicos a partir da apresentação e discussão, em sala de aula, do momento inicial do vídeo que envolve a produção de fumo de estufa na comunidade onde vivem os alunos.

O presente estudo apresenta um dos momentos subsequentes dessa pesquisa, e tem como objetivo investigar dificuldades na aprendizagem de conceitos de Física Térmica relacionados à dilatação e à contração térmicas por alunos do ensino médio a partir da identificação de indícios ou traços de invariantes operatórios presentes nos processos de aprendizagem destes conceitos, dentro dos limites de um conjunto de três situações as quais os alunos ficaram expostos durante um dos encontros em sala de aula que se desenvolveu a proposta.

Os invariantes operatórios são teoremas em ação e conceitos em ação, componentes importantes dos esquemas na Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1998), que o sujeito se utiliza para o domínio de situações pertinentes a um campo conceitual. A Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud tem implicações importantes para o

planejamento do ensino (CARVALHO JR.; AGUIAR JR., 2008) e coloca o professor com possibilidades de trabalhar o processo de aprendizagem por meio da diversidade de conceitos e suas inter-relações, da diversidade de situações, dos esquemas para a solução de situações-problema, enfim, trabalhar com as competências do aluno para o enfrentamento dos problemas da sua realidade.

Em sua pesquisa para identificar o nível de conceitualização em Termodinâmica, Grings et al. (2006) encontram a grande predominância das concepções trazidas do cotidiano do aluno, e chamam atenção para a importância de se detectar o nível de conceitualização que o aluno apresenta. Os autores destacam que, muitas vezes, as concepções trazidas pelos alunos se transformam em obstáculo para novas aprendizagens.

REFERENCIAL TEÓRICO

Na Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1998), invariantes operatórios são os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva que são mobilizados para a solução de uma dada situação. É na ação sobre uma situação que os conhecimentos são utilizados como instrumentos de operação (conhecimentos em ação).

No entanto, os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva não são, em geral, externados explicitamente pelos estudantes quando confrontados com uma situação para resolver. Assim, os conhecimentos em ação (teoremas em ação e conceitos em ação) são elementos dos esquemas da Teoria dos Campos Conceituais que possibilitam a compreensão de aspectos do processo de aprendizagem quando identificados no ato de aprender. Um teorema em ação é uma proposição entendida como verdadeira pelo sujeito, e um conceito em ação é um objeto, um predicado, ou uma categoria de conhecimento entendida pelo sujeito como relevante ou pertinente para expressar seu pensamento acerca de uma dada situação (idem, ibidem, p.168).

Os invariantes operatórios são elementos essenciais dos esquemas. Para Vergnaud (ibidem, p.167), esquema é a organização invariante de comportamento do sujeito frente a uma classe de situações; ressalta que muito da atividade cognitiva do indivíduo é constituída de esquemas de ação, de operação sob certas circunstâncias, com metas a atingir, com conhecimentos os quais o indivíduo se utiliza e com regras de controle de ação (idem, ibidem, p.172). No entanto, muitas vezes os estudantes se deparam com situações as quais não dispõem de esquemas de ação para a sua solução, e criam esquemas diferenciados para o seu enfrentamento (idem, ibidem, p.173). Quando se dispõe de esquemas estruturados e organizados, é possível um tratamento imediato de certa classe de situações; no entanto, quando o sujeito se encontra em estágio de desenvolvimento tal que não dispõe de todas as competências necessárias, necessita reelaborar seus esquemas e explorá-los frente a novas situações com possibilidade de sucesso ou fracasso (MOREIRA, 2002).

Na Teoria dos Campos Conceituais, o desenvolvimento cognitivo ocorre à medida que o indivíduo se depara com novas situações, e, neste sentido, as situações são de fundamental importância na construção dos conceitos. Esse processo se dá ao longo de muito tempo; a cada nova situação, o sujeito se depara com a possibilidade de desenvolver um novo esquema para resolvê-la, aprimorando o que já tinha de conhecido referente àquele campo conceitual. Vergnaud (1990, p.146) considera “um campo conceitual como um conjunto de situações”, em que uma situação “tem um sentido muito mais próximo do de tarefa do que de situação didática, com o significado implícito de que toda a situação

complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer suas naturezas e dificuldades próprias”. Outra definição de campo conceitual dada por Vergnaud (apud MOREIRA, 2002, p.9) é “um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição”.

A formação de um conceito, nessa teoria, se dá a partir do domínio de três conjuntos: o conjunto das situações que conferem sentido ao conceito; o conjunto dos invariantes operatórios que servem para operacionalizar uma situação; e, o conjunto das representações simbólicas aceitas para o conceito e que indicam e representam os invariantes operatórios e as situações. Nessa teoria, um conceito adquire sentido quando relacionado a outros conceitos, na forma de uma rede de conceitos. Assim, para o domínio de um conceito, faz-se necessário uma variedade de situações as quais o sujeito confronta-se e progressivamente domina como um processo de longo prazo. O domínio das representações simbólicas, dos invariantes operatórios e das situações depende do desenvolvimento de esquemas para o tratamento das situações; a forma invariante de operar, de tratar certa classe de situações, se dá por meio de esquemas.

Para Vergnaud (1998, p.173), os componentes dos esquemas são especificados como (i) metas e antecipações, ou seja, as finalidades pelas quais os esquemas são direcionados; (ii) regras de ação, que são regras de busca e controle dos resultados da ação, tais como regras do tipo “se ... então”; (iii) invariantes operatórios, que são os conceitos em ação e teoremas em ação, ou seja, os conhecimentos contidos nos esquemas, geralmente não externados explicitamente pelos estudantes, e utilizados na sua ação diante de uma situação; e, (iv) inferências, que são os raciocínios desenvolvidos mediante o uso dos invariantes operatórios para construir as regras de ação e antecipações.

DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Os participantes desta pesquisa são 12 alunos, aqui denominados de A1, A2, ... , A12, com idades entre 15 e 18 anos, que foram sorteados dentre uma turma de 43 alunos da 2ª série do ensino médio da Escola Estadual de Educação Básica Padre Benjamim Copetti, município de Sobradinho, RS.

A proposta teve início em 16 de setembro de 2008 e finalizou em 19 de novembro de 2008, com um total de 8 encontros de 2 horas-aula (50 min cada), realizado às quartas-feiras, no horário das 19h20min às 21h, enquanto as aulas destes mesmos alunos eram realizadas no turno da manhã. As atividades realizadas durante a proposta não foram avaliadas para integralizar a nota do trimestre letivo dos alunos participantes. Todos os alunos participantes tiveram autorização documentada por seus respectivos pais ou responsáveis.

Os dois primeiros encontros introduziram aos alunos a problemática da cultura de fumo de estufa e sua relação com processos térmicos.

Os seis encontros seguintes foram dedicados ao estudo dos conceitos de Física Térmica, dos quais se restringe aqui o encontro de duas horas-aula referente ao estudo dos conceitos de dilatação e contração térmicas.

Para tal encontro, a professora utilizou situações físicas sobre dilatação e contração térmicas, previamente vídeo gravadas e trazidas para a sala de aula no formato de três filmes de produção própria, separados, cada um, por episódios. A próxima seção apresenta as três situações utilizadas para esse encontro.

Para o estudo da contração térmica, fez-se a apresentação da primeira situação aos alunos por meio de um episódio do primeiro filme. Um instantâneo desse episódio é retratado na Figura 1. Na sequência dessa apresentação, iniciam-se os trabalhos em pequenos grupos de alunos os quais discutem e respondem ao questionamento proposto que aparece na tela junto às imagens vídeo filmadas referentes à contração térmica, sem a intervenção da professora.

O estudo da dilatação térmica se seguiu por meio da apresentação aos alunos de episódios do segundo e do terceiro filmes, cujos instantâneos estão retratados, respectivamente, nas Figuras 2 e 3. Após a apresentação dos episódios, os alunos seguem o mesmo procedimento de trabalho anterior, discutindo e respondendo ao questionamento proposto que aparece na tela junto às imagens referentes à dilatação térmica, sem a intervenção da professora.

As situações vídeo filmadas foram apresentadas e reapresentadas aos alunos à medida que a aula se desenvolvia. Os apontamentos feitos pelos alunos em seus cadernos de atividades em resposta aos questionamentos presentes nas situações foram por eles registrados e utilizados para as análises.

SITUAÇÕES

Primeira Situação

A primeira situação refere-se ao conceito de contração térmica presente em um episódio do primeiro filme, em que um instantâneo deste episódio é mostrado na Figura 1. Nesse episódio, um cubo de gelo é introduzido no interior de um copo contendo água à temperatura ambiente, até que a temperatura da água decresce para aproximadamente 5°C. Um termômetro de líquido em vidro é imerso na água do copo. Nas condições do experimento, não é atingida a temperatura de transição de fase do gelo. O filme mostra a diminuição na altura da coluna do líquido do termômetro, acompanhada de decréscimo da temperatura da água. A questão que se colocou para os alunos é *o que acontece com a coluna do líquido do termômetro quando este é imerso na água misturada a gelo e sua temperatura decresce de cerca de 18°C para cerca de 5°C*. A contração do volume da coluna do líquido é o que se espera que o aluno observe, além de inferências acerca da energia térmica transferida da água para o gelo.

Segunda Situação

A segunda situação refere-se ao conceito de dilatação térmica presente em um episódio do segundo filme. Um instantâneo desse episódio é mostrado na Figura 2. Para esse episódio, utilizou-se um cilindro e uma placa metálicos, supostos de mesmo material e cujo diâmetro da base do cilindro é ajustado ao diâmetro do orifício da placa, à temperatura ambiente, em que o cilindro atravessa de modo justo o orifício da placa a esta temperatura. Quando o cilindro tem sua temperatura aumentada para cerca de 245°C (medida com um termopar), este não mais atravessa o orifício da placa. Se apenas o cilindro é aquecido, este não mais atravessa a placa pelo orifício. A questão que se colocou para os alunos é *o que acontece com o cilindro em relação ao orifício da placa quando este é aquecido e não mais atravessa o orifício da placa que se encontra à temperatura ambiente*.

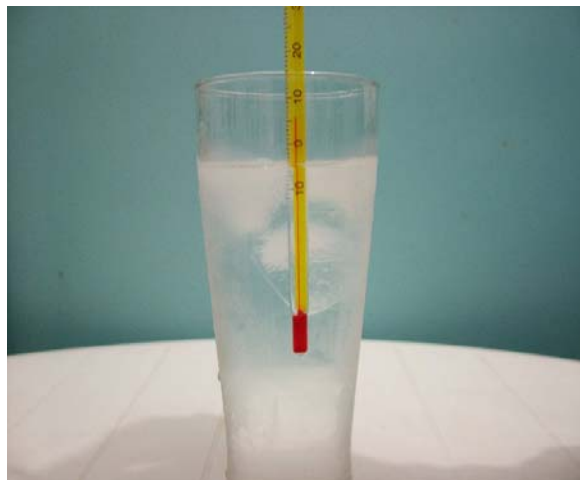


Figura 1. Imagem estática coletada de um episódio do primeiro filme em que os alunos são questionados sobre *o que acontece com a coluna do líquido do termômetro* quando este é imerso na água e a temperatura da água decresce de cerca de 18°C para cerca de 5°C quando gelo é misturado à água. Nas condições do experimento, não é atingida a temperatura de transição de fase do gelo.



Figura 2. Imagem estática coletada de um episódio do segundo filme em que os alunos são questionados sobre *o que acontece com o cilindro em relação ao orifício da placa* quando sua temperatura é aumentada para cerca de 245°C e não mais atravessa o orifício da placa que se encontra à temperatura ambiente.

Terceira Situação

A terceira situação, retratada em um dos episódios do terceiro filme, se inicia com um processo de transferência de calor de uma chama para a água de maneira que a água aumenta sua temperatura e entra em ebulição, mantendo-se imerso um termômetro de líquido em vidro no seu interior. A Figura 3 mostra um instantâneo desse episódio. Algumas inferências acerca da dilatação do volume do líquido no interior do tubo de vidro

do termômetro podem emergir, enquanto se observa o aumento da temperatura da água. A questão que se colocou para os alunos é *o que acontece com a coluna do líquido do termômetro* enquanto o processo ocorre. Durante a ebulição, espera-se que o aluno observe que não ocorre variação na altura da coluna de líquido.



Figura 3. Imagem estática coletada de um episódio do terceiro filme em que os alunos são questionados sobre *o que acontece com a coluna do líquido do termômetro* durante um processo de aumento de temperatura da água até sua ebulição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeira Situação

A questão colocada aos alunos *o que acontece com a coluna de líquido no interior do tubo de vidro* é mostrada junto às imagens no episódio do primeiro filme, nessa primeira situação, e ilustrada pela Figura 1. A professora chama a atenção para a altura da coluna de líquido no interior do tubo, ao que os alunos apontam:

A2: No início está aproximadamente a 18°C e, conforme o gelo vai derretendo, a temperatura vai diminuindo;

A4: Que ela foi colocada a 18°C e, conforme a água foi resfriando, foi caindo a temperatura;

A6: A coluna de líquido desce rapidamente dos 18°C até 5°C, devido à transferência de energia água-gelo suficiente para que o cubo entre em processo de fusão;

A8: A altura da coluna de líquido desce. Pelo fato do gelo ter menor temperatura em relação à água. Há uma contração. A temperatura da água também diminui pela transferência de calor;

A10: Desce, cai de 18°C para 5°C. O calor da água derrete o gelo que conseqüentemente esfria a água.

Nessa situação, há umnexo de causalidade entre o fluxo líquido de energia térmica e o decréscimo da temperatura da água que tem no seu meio um cubo de gelo. Isso é

mostrado como decréscimo ou contração da coluna de líquido do termômetro que tem o seu bulbo no interior da água. A maioria das respostas revela que os alunos entendem que o decréscimo da altura da coluna de líquido do termômetro está associado ao decréscimo da temperatura da água.

O aluno A2 colocou a seguinte regra de ação: “conforme o gelo vai derretendo, a temperatura [da água] vai diminuindo”. O aluno A4 usa a regra: “conforme a água foi resfriando, foi caindo a [sua] temperatura”, em que a observação feita externa uma experiência advinda dos sentidos para estabelecer a relação entre a água estar “resfriando” e a sua temperatura estar “caindo”, e com isso fornece traços de um invariante operatório do tipo *a temperatura de um corpo decresce quando este esfria*.

O aluno A8 se refere que a “altura da coluna de líquido desce”, que há “uma contração” da altura da coluna de líquido do termômetro quando o gelo é misturado à água. Esse aluno expressa que a “temperatura da água também diminui pela transferência de calor”, e sinaliza, nas condições do experimento, para um invariante operatório do tipo *a temperatura de um corpo decresce quando este transfere calor*.

A proposição colocada pelo aluno A10, quando se refere que o “calor da água derrete o gelo que conseqüentemente esfria a água”, sugere um invariante operatório do tipo *o calor e o frio são algo que um corpo contém e pode ser transferido para outro corpo*. Esse traço de invariante operatório revela uma noção errônea sobre o conceito de calor que trabalha desfavoravelmente para a aprendizagem dos novos conceitos, conforme já ressaltado por Grings et al. (2006).

Martins e Rafael (2007) citam algumas concepções dos alunos referentes aos conceitos de calor e temperatura que foram obtidas por Silva (1995 apud MARTINS; RAFAEL, 2007), das quais uma delas é de que “Há tendência de usar o calor como propriedade dos corpos quentes e o frio como propriedade contrária” (p.4). Essa concepção também pode ser percebida na proposição do aluno A10.

A dificuldade em compreender os conceitos de temperatura e calor pode estar associada ao que a literatura reporta como concepções que o aluno adquire desde pequeno e traz consigo para a sala de aula (LABURÚ et al., 2000; GRINGS et al., 2006, 2008; MARTINS; RAFAEL, 2007). Esses autores ressaltam que as concepções já definidas na estrutura cognitiva do aluno podem ser obstáculos para a compreensão dos conceitos científicos. Como já apontam Gring et al. (2006), os conhecimentos prévios que o sujeito tem na sua estrutura cognitiva atuam como precursores dos novos conhecimentos, e podem atuar de modo a favorecer ou a desfavorecer a aprendizagem.

Segunda Situação

A segunda situação é apresentada para o estudo da dilatação térmica em que se utilizou um dos episódios do segundo filme, ilustrado pela Figura 2. A partir dessa situação, se conduziu a questão sobre *o que acontece com o cilindro em relação ao orifício da placa que aparece na tela junto às imagens*, ao que os alunos registram em seus cadernos de atividades:

A2: Sendo o cilindro aquecido, suas moléculas se agitam e se afastam dilatando o mesmo. Quando a placa também é aquecida, o orifício também se dilata e o cilindro volta a passar pelo orifício da placa, como no princípio, onde ambos estavam na mesma temperatura de 17°C;

A4: A temperatura ambiente é 17°C; foi aquecido o cilindro e a placa não. Devido ao aquecimento, o cilindro mudou de temperatura, mais que a placa. Então, não passou porque as moléculas se espalharam mais, vibram mais, fazendo o aumento. Depois foi feito ao contrário e, também, não entrou mais porque as moléculas se espalharam, assim como antes no cilindro;

A6: Possuíam diâmetros iguais. Quando ambos estavam na mesma temperatura (ambiente) o cilindro passava pelo orifício da placa sem folga. Quando o cilindro recebe uma variação de temperatura de 244°C e a placa permanece com sua temperatura ambiente, ele não passa mais pelo orifício da placa, pois com o aumento da sua temperatura ele dilatou. No outro momento, os dois são submetidos à mesma variação de temperatura, então, novamente o cilindro passa pelo orifício;

A8: Primeiramente, o cilindro e a placa estavam a aproximadamente 17°C e o cilindro passava praticamente sem folga no mesmo. Após, o cilindro foi aquecido a aproximadamente 250°C e, assim, dilatou. A placa permaneceu na mesma temperatura. Após isso foi aquecida e dilatou-se, sendo o orifício dilatado a mesma quantidade. Assim, o cilindro passou novamente sem folga (no orifício);

A10: 1º) o cilindro é aquecido e a placa não. Então o cilindro dilata e não passa mais no orifício. 2º) a placa também é aquecida e o seu orifício também dilata, possibilitando a passagem do cilindro. OBS. Antes do 1º e do 2º momento o cilindro passava pelo orifício da placa.

Ao tratar do conceito de dilatação térmica, percebe-se que os alunos associam a dilatação térmica ao processo de aumento das dimensões do corpo já de imediato ao observarem as imagens.

O aluno A2 aponta que “sendo o cilindro aquecido, suas moléculas se agitam e se afastam dilatando o mesmo”, que pode sugerir um invariante operatório do tipo *o aumento da temperatura do corpo causa uma expansão no seu volume devido a agitação de suas espécies constituintes*. Essa noção também é percebida no registro feito pelo aluno A4. O aluno A2 ainda aponta que, “quando a placa é aquecida, o orifício também se dilata”, o que permite sugerir como um invariante operatório *a expansão térmica ocorre em todas as partes do corpo na mesma proporção para o mesmo aumento de temperatura*. Um invariante operatório desse tipo também pode ser o que estaria sendo sugerido no registro do aluno A8, “A placa permaneceu na mesma temperatura. Após isso foi aquecida e dilatou-se, sendo o orifício dilatado a mesma quantidade”.

Com relação ao registro do Aluno A6, “o cilindro recebe uma variação de temperatura de 244°C”, segue um invariante operatório do tipo *a temperatura é algo que um corpo recebe*. A essa noção errônea sobre temperatura, possivelmente confundindo com a noção de calor, se remete à discussão na literatura sobre dificuldades na aprendizagem de conceitos de Física Térmica, em nível médio, em que os alunos fazem confusão ao definir calor e temperatura, apesar de estes conceitos serem considerados básicos para a compreensão dos demais conceitos de fenômenos térmicos e construção de outros conceitos científicos deste campo conceitual, conforme ressaltado por Martins e Rafael (2007).

Terceira Situação

A terceira situação dá sequência ao estudo sobre dilatação térmica e é ilustrada pelo instantâneo apresentado na Figura 3 que retratada um dos episódios do terceiro filme. Essa situação faz referência ao questionamento *o que acontece com a coluna de líquido no interior do tubo de vidro* do termômetro, ao que os alunos registram:

A2: Aumenta conforme a água vai aquecendo e as moléculas de água se afastam, tanto com o aquecimento que, próximo aos 100°C, ela vai se transformando em vapor;

A4: O termômetro foi colocado dentro da água a 56°C porque a água estava sendo aquecida. Quando começou a esquentar, a temperatura subiu até chegar seu ponto máximo; foi subindo conforme o aquecimento da água;

A6: O líquido usado no interior do tubo é o mercúrio, que possui facilidade de dilatação. O termômetro é colocado em contato com a água fervente, que esquentava o bulbo do termômetro, fazendo o mercúrio dilatar;

A8: O Hg dilata – a coluna de líquido sobe, pelo fato do aumento da temperatura até certo ponto; depois estaciona, porque ocorre uma mudança de fase líquida para gasosa;

A10: Sobe, aumenta a temperatura até mais ou menos 97°C por causa da altitude: estamos acima do nível do mar. Entrando em ebulição passagem do estado: temperatura estabiliza.

De modo geral, tratando-se do princípio de funcionamento do termômetro de líquido em vidro, a maioria dos alunos percebe que ele funciona com base na variação do volume líquido no interior do tubo de vidro.

O aluno A4 aponta que a coluna de líquido do termômetro “foi subindo conforme o aquecimento da água” e sugere um invariante operatório do tipo *a dilatação volumétrica do líquido no interior do termômetro é proporcional ao aumento da temperatura da água*. E quando esse aluno observa que “a temperatura [da água] subiu até chegar seu ponto máximo” se pode inferir um traço de um invariante operatório do tipo *a temperatura da água não aumenta além do seu ponto de ebulição*. Isso é observado pelos alunos A8 e A10, em que expressam um traço de invariante operatório do tipo *a temperatura da água líquida não se altera na mudança de estado para vapor à pressão constante*.

O aluno A10 ainda declara que a coluna de líquido no tubo de vidro do termômetro “sobe” quando o bulbo está em contato com água que entra em ebulição, e que a água “aumenta a temperatura até mais ou menos 97°C por causa da altitude: estamos acima do nível do mar. Entrando em ebulição”, o que pode sugerir um invariante operatório tal como *o ponto de ebulição da água no local do experimento é inferior ao valor adotado para o nível do mar*.

CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo investigar dificuldades na aprendizagem de conceitos de Física Térmica relacionados à dilatação e à contração térmicas por alunos do ensino médio a partir da identificação de indícios ou traços de invariantes operatórios presentes nos processos de aprendizagem destes conceitos, dentro dos limites de um conjunto de três situações as quais os alunos ficaram expostos durante um encontro de duas horas-aula. Durante o tempo de exposição às situações, indícios de possíveis invariantes operatórios revelam dificuldades conceituais que trabalham desfavoravelmente na aprendizagem dos novos conceitos científicos pelos alunos, em acordo com análises reportadas na literatura (LABURÚ et al., 2000; GRINGS et al., 2006, 2008; MARTINS; RAFAEL, 2007).

Nesse sentido, a discussão aqui apresentada é preliminar e deve ser analisada em conjunto com as demais situações desenvolvidas na proposta sobre o estudo conceitual de Física Térmica com os alunos do ensino médio, bem como em um estudo futuro mais

amplo. Ainda assim, como ressaltam Grings et al. (2006), deve-se levar em conta que, mesmo um estudo mais abrangente acerca dos indícios de invariantes operatórios utilizados por alunos do ensino médio para o campo conceitual de Física Térmica, isto se configuraria ainda em uma aproximação dos invariantes operatórios de Vergnaud em vista de que, em tese, se necessitaria de um grande número de situações as quais os alunos deveriam ser expostos para o domínio deste campo conceitual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLFE, Lurdes Eliane Rothmund; BARLETTE, Vania Elisabeth. Um vídeo de produção própria para uma abordagem conceitual de Física Térmica: construindo relações de significado a partir do tema produção de fumo de estufa. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009, Vitória, ES. XVIII SNEF, Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/atas/resumos/T0033-2.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2009.

CARVALHO JR., Gabriel Dias de; AGUIAR JR., Orlando. Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.25, n.2, p.207-227, 2008.

GRINGS, Edi Terezinha de Oliveira; CABALLERO, Concesa; MOREIRA, Marco Antonio. Avanços e retrocessos no campo conceitual de Termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.4, p. 463-471, 2006.

_____. Avanços e retrocessos dos alunos no campo conceitual de Termodinâmica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.7, n.1, 2008.

LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Dirceu da; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Analisando uma situação de aula de Termologia com o auxílio do vídeo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.22, n.1, p.100-105, 2000.

MARTINS, André Ferrer P.; RAFAEL, Francisco Josélio. Uma investigação sobre as concepções alternativas de alunos do ensino médio em relação aos conceitos de calor e temperatura. In: **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2007, São Luis, MA. XVII SNEF. Disponível em: <www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0375-1.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2009.

MOREIRA, Marco Antonio. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.1, mar. 2002. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

VERGNAUD, Gérard. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

_____. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 2, n. 17, p. 167-181, 1998.