

ESCRITA COMO FERRAMENTA INDICATIVA DAS POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES DE UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA SOBRE TEMPERATURA PARA A APRENDIZAGEM

**(Writing as an indicative tool of possible contributions for learning from an investigative
activity about temperature)**

Marta Maximo Pereira [martamaximo@yahoo.com]

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) UnED Nova
Iguaçu – Estr. de Adrianópolis, 1.317, Santa Rita, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro
Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo –
Rua do Matão, Travessa R, 187, Cidade Universitária, São Paulo

Vitorvani Soares [vsoares@if.ufrj.br]

Instituto de Física da UFRJ – Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Cidade Universitária, Ilha do
Fundão, Rio de Janeiro

Viviane Abreu de Andrade [kange@uol.com.br]

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) UnED Nova
Iguaçu – Estr. de Adrianópolis, 1.317, Santa Rita, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro
Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz,
Fiocruz/RJ – Avenida Brasil, 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma atividade investigativa experimental para a construção do conceito termodinâmico de temperatura e tentar analisar seus possíveis efeitos sobre a aprendizagem de alunos de Ensino Médio. Para tanto, aplicamos nossa proposta durante as aulas regulares da disciplina de Física em uma turma de 1º ano do Ensino Médio do CEFET/RJ – UnED Nova Iguaçu e analisamos o material escrito produzido por grupos de estudantes após a realização dessa atividade. Acreditamos que a escrita exige maior grau de reflexão do que a fala, e permite a sistematização das discussões desencadeadas em sala de aula. Além disso, a escrita coletiva possibilita também maior negociação de significados entre os sujeitos que constituíam os grupos. Por isso, realizamos um estudo amplo do relato produzido por um dos grupos de alunos e analisamos as conclusões a que todos os grupos chegaram para elaborar a resposta ao problema proposto na atividade investigativa. As evidências que observamos sugerem que esta atividade investigativa colabora positivamente para a construção do conceito de temperatura e para o desenvolvimento de habilidades como levantar hipóteses sobre uma questão, trabalhar em grupo, argumentar com fundamentação científica e reconhecer e participar das etapas de um processo de investigação científica.

Palavras-chave: atividade investigativa; temperatura; escrita; aprendizagem.

Abstract

This paper aims to present an experimental investigative activity to build the thermodynamic concept of temperature and to analyze its possible effects on the learning of high school students. For this purpose, we apply our proposal during regular physics lessons in a 1st year high school class at CEFET/RJ – UnED Nova Iguaçu, RJ, Brazil, and analyze written material produced by groups of students after this activity. We believe that writing demands greater reflection than speech, and allows the systematization of discussions raised in the classroom. Moreover, the collective writing also allows greater negotiation of meanings among the individuals who constituted the groups. Therefore, we conducted a comprehensive study of the report produced by a group of students and analyzed the conclusions that all the groups came to in order to formulate the answer to the problem proposed in the investigative activity. The evidence that we observed suggests that the activity contributes positively to the construction of the concept of temperature and

the development of skills like raising hypotheses, working in groups, arguing with scientific reasoning and recognizing and participating in the stages of a scientific investigation.

Keywords: investigative activity; temperature; writing; learning.

Introdução

Dentre os vários problemas existentes na aprendizagem de Física nas escolas de Ensino Médio brasileiras, Grings, Caballero e Moreira (2007) identificam que os conceitos que os alunos associam às grandezas físicas fundamentais da Termodinâmica, mesmo após a instrução formal, estão muito distantes do conhecimento atualmente compartilhado pela comunidade científica. Além disso, os autores catalogam para os fenômenos termodinâmicos uma série de possíveis *invariantes operatórios*, que, de acordo com a teoria dos campos conceituais de Vergnaud (1990) *apud* Moreira (2002), são proposições tidas como verdadeiras para os estudantes. Dentre elas, destacamos as seguintes, presentes em Grings, Caballero e Moreira (2007) e relativas ao conceito de temperatura:

- “A temperatura é a variação de um estado de quente para um estado de frio.”
- “A temperatura é a variação do calor.”

Yeo e Zadnik (2001) apresentam também uma série de concepções alternativas dos estudantes sobre Física Térmica muito bem identificadas na literatura, dentre as quais destacamos:

- “Calor e temperatura são a mesma coisa.”
- “Pele ou toque podem determinar a temperatura.”

De acordo com Köhnlein e Peduzzi (2002), “apesar de o estudo das concepções alternativas ter praticamente se esgotado em termos de pesquisa, pouco chegou até hoje à sala de aula.”

Nesse contexto, o presente trabalho visa apresentar uma intervenção no ensino que auxilie o professor a construir com seus alunos o conceito termodinâmico de temperatura a partir do questionamento das afirmações não-científicas mencionadas acima.

Sabemos que a construção de conceitos pelos alunos é um processo que necessita de tempo e de diferentes interações para se consolidar (Maximo Pereira, 2010). No caso de conceitos científicos de Física, essa conceituação pode ter início nas aulas regulares da disciplina na escola e deve ser retomada, aprofundada e consolidada ao longo da educação escolar e, por vezes, até mesmo universitária, em Física.

Acreditamos também que não conseguimos mudar de uma hora para a outra uma concepção antiga do aluno por uma nova, mas sim que as concepções alternativas podem evoluir para conhecimentos científicos, e que até mesmo pode haver a coexistência de conceitos científicos e não-científicos, que são usados em situações e contextos diferentes pelos estudantes (Driver et al., 1999).

No entanto, pensamos que essa compreensão do processo de aprendizagem não invalida a proposta didática que aqui apresentamos, pois, de acordo com Vergnaud (1990) *apud* Moreira (2002):

(...) os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam, particularmente pelas primeiras situações suscetíveis de dar sentido aos conceitos e procedimentos [grifo nosso] que queremos que aprendam.

Assim, pretendemos avaliar se existem indícios de que a atividade que aqui apresentamos constitui-se, como mencionado acima, em uma situação propícia à aprendizagem e se ela contribui de alguma forma para a construção de conhecimento científico em Física Térmica por parte dos estudantes. Para tanto, iremos analisar o material escrito produzido por eles após a aplicação, no contexto escolar, da proposta didática desenvolvida por Maximo Pereira (2010).

Justificativas para a proposta didática e o estudo realizado

As pesquisas em ensino apontam que os alunos aprendem mais sobre ciência e desenvolvem melhor seu conhecimento conceitual quando participam de investigações científicas (tanto no laboratório como com problemas de lápis e papel), semelhantes às realizadas em laboratórios de pesquisa (Hudson, 1992, *apud* Azevedo, 2004). Segundo Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006), as atividades de natureza investigativa se relacionam com uma visão construtivista do ensino.

Estudos sobre como os alunos aprendem a partir de atividades investigativas (Cappechi, 2004; Locatelli e Carvalho, 2005; Cappechi e Carvalho, 2006; Locatelli e Carvalho, 2007; Maximo Pereira e Soares, 2010) e propostas de tais atividades (Carvalho, 1999; Boss et al, 2009; Maximo Pereira, 2010) estão cada vez mais presentes na literatura recente na área de ensino de ciências no Brasil. Tais trabalhos mencionam o ensino por investigação como uma estratégia para a aprendizagem de conceitos, o estabelecimento de relações de causa e efeito, a realização de trabalho colaborativo e o desenvolvimento da argumentação dos estudantes e de uma visão mais autêntica do que é fazer ciência.

Assim sendo, elaboramos e apresentamos neste trabalho uma atividade investigativa experimental que tem por objetivo, além do desenvolvimento das habilidades acima mencionadas, a construção do conceito termodinâmico de temperatura.

Mas por que escolher as produções escritas dos alunos como fonte de indícios de que habilidades foram (ou não) desenvolvidas e conhecimentos foram (ou não) construídos a partir do ensino por investigação?

Sabemos da literatura (Rivard & Straw, 2000) que o discurso oral é, em geral, extremamente divergente e flexível. Já o discurso escrito é bem mais convergente, elaborado e pressupõe maior reflexão por parte de quem escreve. Além disso, para Sutton (1998) *apud* Oliveira e Carvalho (2005), “a experiência é uma parte de ciência, mas também é escrever e falar”.

Além disso, de acordo com Oliveira e Carvalho (2005),

o papel da escrita tem se destacado como um mecanismo cognitivo singular de organizar e refinar idéias sobre um tema específico. Segundo Carvalho (2001), "falar, ouvir e procurar uma explicação sobre os fenômenos, depois escrever e desenhar, isto é, se expressar em diversas linguagens, solidifica e sistematiza os conceitos aprendidos".

Nagy Silva e Buriasco (2005) e Sasseron e Carvalho (2010) também estudaram as produções escritas de alunos de Ensino Fundamental em Matemática e Ciências, respectivamente, e conseguiram extrair delas elementos importantes para a compreensão de aspectos relacionados ao processo aprendizagem dos estudantes.

Assim, parece-nos coerente utilizar o material escrito produzido por grupos de alunos para avaliar não só o potencial da atividade investigativa aplicada, mas também como eles sistematizam as discussões promovidas em sala de aula, articulam-nas com a realização de um experimento e, acreditamos, constroem o conceito de temperatura.

Atividades investigativas

Para que uma atividade seja considerada investigativa, os alunos devem não somente observar fenômenos e manipular informações ou experimentos, mas também formular hipóteses, refletir e discutir em grupo, explicar os argumentos utilizados e relatar suas conclusões, ou seja, participar de todas as etapas características de uma investigação científica. Para tanto, o trabalho investigativo deve partir de um problema aberto que faça sentido para o aluno e possibilite a construção de um novo conhecimento, pois, de acordo com Bachelard (1996) *apud* Azevedo (2004), “todo conhecimento é resposta a uma questão”.

Vale lembrar que o termo “problema” utilizado neste texto não se refere, como na maioria dos livros didáticos, a “exercícios de aplicação repetitivos, com tendência ao operativismo” (Azevedo, 2004). Para nós, um “problema” é uma situação problemática para o aluno, que o leve a refletir e a querer de alguma forma desenvolver uma estratégia para resolvê-lo, de modo que as possíveis respostas não são encontradas de forma imediata ou automática.

Na atividade investigativa presente neste trabalho, propomos inicialmente um problema de forma ampla e o mais próximo possível do cotidiano dos alunos, a fim de estimular sua curiosidade científica e motivá-los para a investigação. Os estudantes, então, começam a formular hipóteses para tentar resolver o problema. A partir das hipóteses e para testá-las, o professor sugere a realização de um experimento.

Os estudantes se organizam em grupos e realizam a experiência. Cada grupo analisa as informações, elabora uma resposta ao problema e, por fim, os grupos debatem entre si a fim de encontrarem coletivamente a melhor solução para o problema e os argumentos mais consistentes para justificá-la.

O debate (tanto a interação dentro dos grupos como entre toda a turma) e a realização do experimento são orientados e mediados pelo professor, que, mais do que um mero “fornecedor” de respostas prontas, deve propor questionamentos e reflexões, identificar inconsistências e estimular a participação de todos (Pereira e Aguiar, 2006).

Proposta didática

A atividade investigativa que aqui propomos inicia-se com o seguinte problema aberto: *Como saber que alguém está com febre?*. A resolução desse problema está baseada na realização de um experimento simples, bastante utilizado na literatura, como em Carvalho et al. (1999), mas pensado inicialmente pelo filósofo inglês John Locke em 1690 (Resnick & Halliday, 1980 *apud* Bassalo, 1992).

A experiência consiste em dispor de 3 vasilhas iguais: a primeira, com água gelada (tirada da geladeira, por exemplo); a segunda, com água à temperatura ambiente (em torno de 20 °C a 30 °C); e a terceira, com água morna (aquecida no fogão ou micro-ondas). Ao colocarmos a mão na água fria, teremos sensação de frio; ao colocarmos a outra mão na água morna, teremos a sensação de quente. Contudo, ao tirarmos a mão que estava na água quente e imediatamente a colocarmos na água à temperatura ambiente, essa nos parecerá fria. Analogamente, se colocarmos a mão que estava na água fria na vasilha com água à temperatura ambiente, a mesma água (que nos parecia fria inicialmente) irá nos parecer quente agora. Podemos, então, nos perguntar: a água está quente ou fria? Assim, concluímos que, somente pelas sensações táteis, é impossível saber, pois a temperatura é uma medida de sensações de quente e frio em *relação a uma determinada referência*, a qual varia sensivelmente ao começarmos com a mão na água fria ou com a mão na água quente.

A atividade investigativa (cuja dinâmica em sala de aula descreveremos no apêndice deste trabalho) permite concluir que verificar se alguém está com febre utilizando apenas o tato não é confiável, de forma que instrumentos de medida de temperatura mais acurados, como termômetros de mercúrio e sensores termopar, devem ser utilizados para isso. Entretanto, esses instrumentos só fornecem o valor correto da temperatura de um sistema ao entrarem em equilíbrio com ele, o que coincide com o fato de termos que esperar certo tempo para determinarmos se alguém em contato com um termômetro de mercúrio está com febre ou não.

No caso do experimento, podemos refazê-lo posteriormente usando um termômetro ou sensor termopar para determinar verdadeiramente a temperatura das águas de cada vasilha, observando que há uma variação de temperatura até que se estabeleça o equilíbrio térmico entre o instrumento de medição e a água, para que, por fim, possamos determinar a temperatura desta última.

Com base na solução ao problema proposto, queremos construir o conceito termodinâmico de temperatura como sendo *uma medida da sensação de quente ou frio em relação a um determinado padrão ou referência* (Hewitt, 2002; Máximo e Alvarenga, 1997).

Encontra-se no apêndice deste trabalho uma orientação que o professor pode seguir se quiser implementar esta atividade investigativa em sua sala de aula. Tal material é uma das sugestões de atividade que aparece nos *Guias de orientação para o professor*, elaborados na dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física desenvolvida por Maximo Pereira (2010), primeira autora do presente trabalho.

Aplicação em sala de aula

A atividade investigativa foi aplicada em uma turma de cerca de 40 alunos de 1º ano do Ensino Médio do CEFET/RJ – UnED Nova Iguaçu. Os estudantes foram divididos em sete grupos para a realização da atividade, que se iniciou em sala de aula e foi concluída no laboratório de Física da escola. Essa aplicação ocorreu durante o primeiro dia de aula do ano letivo de 2010, no qual Física Térmica seria o primeiro assunto a ser estudado pelos alunos na disciplina de Física. A duração da atividade, excluindo-se a parte da escrita do texto, foi de dois tempos de aula consecutivos de 50 min.

Uma limitação encontrada durante a realização da atividade e que pode acontecer com outros professores foi o fato de a experiência não ser realizada imediatamente após a colocação das águas a temperaturas diferentes nos três recipientes (em nosso caso, as vasilhas ficaram no laboratório de Física da escola, onde ocorreu a experiência). Toda atividade investigativa pressupõe um período anterior à realização do experimento, o qual consiste na formulação de hipóteses pelos alunos e na discussão no interior dos grupos e com o professor. Assim ocorreu também durante nossa aplicação e, por isso, percebemos, antes do início da experiência, que as águas haviam tido suas temperaturas alteradas de forma significativa, ou seja, que com o tempo elas tenderam ao equilíbrio térmico com o meio onde estavam e algumas esfriaram, enquanto outras esquentaram.

Contudo, ainda assim percebemos que havia diferenças de temperaturas entre elas, e tivemos que, dinamicamente, ao propor a experiência

vasilha está morna ou quente? O fato de a mão ter saído da terceira vasilha para a primeira influencia na sensação tátil de temperatura que temos?

Após o fim da atividade, cada grupo de alunos deveria escrever um relato da investigação realizada, mencionando desde a proposta da atividade até a conclusão obtida na discussão entre os grupos, ou seja, todas as etapas da atividade investigativa da qual participaram. Esse relato consistia para eles num primeiro passo para a confecção de um relatório formal em termos de estrutura e conteúdo, o qual foi solicitado aos alunos em experimentos posteriores a esse.

Análise do material escrito produzido pelos grupos de alunos

Para verificar ou não a potencialidade dessa atividade investigativa em sala de aula e tentar encontrar evidências que permitam concluir se houve ou não aprendizagem por parte dos alunos, iremos analisar seus relatos escritos. Como tais relatos já foram corrigidos, em alguns deles aparecem correções por nós sugeridas, tanto em termos de conhecimento físico como no que se refere às questões linguísticas e de organização textual.

Em virtude da extensão deste trabalho, não será possível estudar os sete relatos produzidos pelos grupos de alunos. Inicialmente, analisaremos de forma bem detalhada um dos relatos, considerado por nós uma fonte interessante de objetos de análise e também bastante compatível com o conhecimento científico trabalhado durante a atividade. A seguir, a sistemática de análise geral será a seguinte: iremos listar as hipóteses formuladas pelos alunos inicialmente para tentar resolver o problema proposto e mencionar quantos grupos, após a atividade, forneceram em seus relatos respostas cientificamente corretas, ilustrando esse fato com exemplos e comentários de conclusões escritas pelos grupos ao final dos relatos.

Relato completo do grupo 1

O texto analisado na íntegra aparece na Figura 1.

Pela leitura do relato, podemos verificar que os alunos estruturaram seu texto em parágrafos em que delimitaram claramente as etapas da atividade desenvolvida: proposta do problema, levantamento de hipóteses, discussão nos grupos, procedimento experimental realizado, obtenção de dados, elaboração de conclusão e solução ao problema.

No primeiro parágrafo, foi possível verificar a delimitação do problema proposto na atividade e as hipóteses elaboradas pelos alunos da turma para tentar resolvê-lo.

No segundo, os estudantes mencionaram a discussão ocorrida em sala e suas inferências. Nesse ponto do relato, podemos observar que o grupo conseguiu extrair da discussão anterior ao experimento procedimentos e conceitos importantes, que, em geral, seriam construídos após a realização do experimento. O necessário tempo de contato do termômetro com o corpo da pessoa para verificar se está com febre ou não e a causa de isso ocorrer, ou seja, a necessidade de que se atinja o equilíbrio térmico para a realização da medida de temperatura, foram sínteses que os alunos elaboraram nesta etapa. É interessante notar que foi nesse momento que surgiu, no texto deles, pela primeira vez, o termo *temperatura* enquanto conceito científico apropriado para a descrição do fenômeno físico do equilíbrio térmico, necessário para a medição da temperatura. Assim, eles parecem começar a se apropriar do conceito científico de temperatura para utilizá-lo na compreensão e explicação da situação cotidiana de verificar se alguém está ou não com febre.

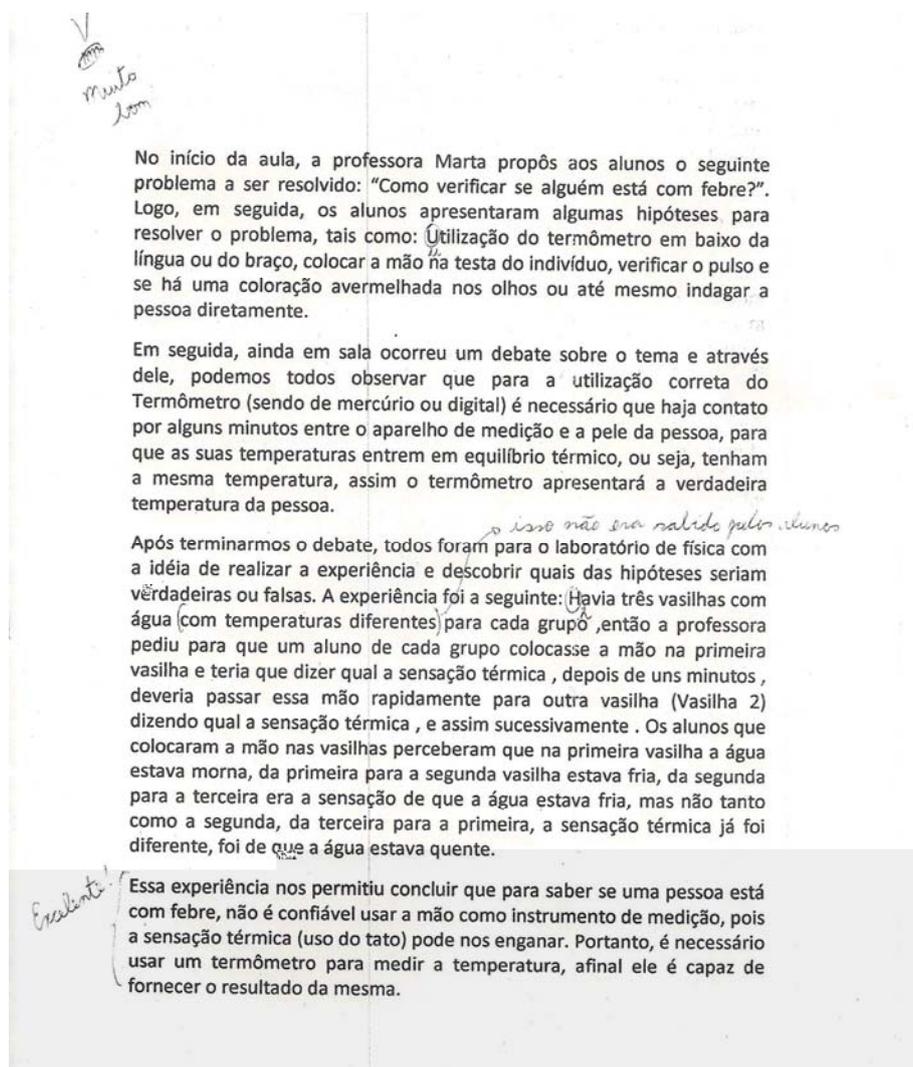


Figura 1. Relato da atividade investigativa elaborado pelo grupo 1.

Vale a pena ressaltar também que os alunos parecem pensar que o debate realmente foi importante para a compreensão do tema, não só para eles, mas para toda a turma, pois escreveram que “através dele, podemos *todos* [grifo nosso] observar que...”. Contudo, uma leitura atenta dos relatos dos outros grupos nos mostrou que a maioria deles não conseguiu construir como este, neste ponto da atividade, tais conhecimentos de forma tão elaborada (ou pelo menos eles não os expressaram de forma escrita no momento da descrição da discussão). Assim, uma inferência que podemos fazer dessa “generalização” da construção coletiva do conhecimento feita pelos alunos desse grupo é a de que eles tiveram uma percepção positiva do debate e que seu status foi de relevância em sala de aula para eles.

No terceiro parágrafo, o grupo relatou o procedimento experimental e os dados qualitativos obtidos. A ideia de realizar uma experiência não simplesmente para executar uma série ordenada de procedimentos pré-estabelecidos pelo professor ou para chegar a um determinado resultado, mas sim para verificar hipóteses levantadas inicialmente, apareceu na escrita do grupo, no início do terceiro parágrafo (“...todos foram para o laboratório de Física com a ideia de realizar a experiência e descobrir quais das hipóteses seriam verdadeiras ou falsas”). De acordo com Paula e Borges (2007), “... a concepção de experimentos para testar explicações e hipóteses é uma tarefa bastante sofisticada.” No entanto, os autores afirmam no mesmo trabalho que “... é plenamente possível explorar essa função no laboratório didático, mesmo no Ensino Fundamental.”

No quarto parágrafo, os alunos escreveram a conclusão a que chegaram pelo experimento e a solução ao problema.

Pela análise do texto completo, percebemos que o grupo relatou não só o que aconteceu durante a atividade investigativa, mas também os conhecimentos que conseguiu construir a partir dela.

Outra característica importante do relato é a sua coesão. Além de os parágrafos individualmente estarem bastante bem estruturados, com início, meio e fim, o que é um ponto extremamente positivo, eles não se constituem em estruturas estanques, mas estão conectados um ao outro por dois elementos: mudanças de cenário e marcadores de tempo, os quais explicamos a seguir.

O fato de a atividade iniciar-se em sala de aula e continuar nesse espaço até o fim do debate apareceu no segundo parágrafo em “ainda em sala ocorreu um debate...”. A alteração do cenário da atividade, expressa no terceiro parágrafo em “... todos foram para o laboratório de física...”, confere dinamismo ao relato e parece mostrar a importância de estar em um ambiente ou em outro para os alunos do grupo. Desse fato podemos inferir que talvez a ida ao laboratório fosse bastante valorizada por eles, daí a sua menção no texto, pois era a primeira vez que utilizavam o laboratório da escola e, para a grande maioria dos alunos, a primeira vez também que iam a um laboratório de Física.

Quanto à presença de marcadores de tempo, os três primeiros parágrafos iniciaram-se, respectivamente, com “No início da aula”, “Em seguida” e “Após terminarmos o debate”, elementos que conferem ao texto bastante fluidez e movimento e expressam claramente a progressão temporal das etapas da atividade investigativa. Todavia, em apenas um ponto do relato, o grupo não seguiu a sequência cronológica do que ocorreu em sala: ao descrever, no terceiro parágrafo, o que foi feito durante a experiência, o grupo mencionou que “havia três vasilhas com água com temperaturas diferentes”. Essa informação não foi fornecida aos alunos inicialmente; eles só puderam concluir isso após a realização do experimento.

No quarto parágrafo, o grupo escreveu sua solução ao problema e, concordando com o conhecimento científico atual (ver Máximo e Alvarenga, 1997), conclui: “... não é confiável usar a mão como instrumento de medição, pois a sensação térmica (uso do tato) pode nos enganar. Portanto, é necessário usar um termômetro...”.

Fragmentos dos relatos dos sete grupos

No início da atividade investigativa, para resolver o problema *Como saber se alguém está com febre?*, os alunos formularam as seguintes hipóteses:

- 1- Termômetro (embaixo do braço / na língua).
- 2- Colocar a mão na testa da pessoa.
- 3- Ver pelo pulso.
- 4- Ver se os olhos estão vermelhos.
- 5- A pessoa sente frio.
- 6- Perguntar para a pessoa diretamente.

Dos sete grupos que realizaram a atividade, todos escreveram soluções cientificamente corretas para o problema proposto, ou seja, mencionaram que a utilização do termômetro era a forma mais eficiente de determinar a temperatura. Seis grupos escreveram conclusões que evidenciam uma correta compreensão sobre o que foi trabalhado e discutido em sala, ou seja, o fato

de que as sensações táteis poderiam nos enganar quanto à temperatura de um corpo. A seguir, realizamos a análise das conclusões dos seus relatos, iniciando pelo texto da Figura 2.

Quilente
Essa experiência nos permitiu concluir que para saber se uma pessoa está com febre, não é confiável usar como instrumento de medição, pois a sensação térmica (uso do tato), pode nos enganar. Portanto, é necessário usar um termômetro para medir a temperatura, afinal ele é capaz de fornecer o resultado da mesma.

sinaliza também que eles perceberam a inadequação de explicações típicas de senso comum e a necessidade de conceitos científicos inerentes ao tema para a explicação que queriam formular.

Podemos concluir então que só a nossa sensação tátil, não é suficiente e precisa para medir as temperaturas, e que entre as hipóteses citadas a que resolve o problema proposto em sala é a hipótese nº 1, termômetro. Pois este é um instrumento que mede com precisão a temperatura.

Figura 5. Trecho do relato do grupo 4.

— Conclusão II: É importante saber utilizar o instrumento (termômetro), sem esquecer de que ele necessita de tempo para se adaptar ao local onde será medida tal temperatura. Tudo isso para determinar qual a relação ao valor. Contudo, o único meio de resolver o problema proposto é usando um termômetro. Qualquer outra tentativa, seja colocando as mãos na testa ou verificando o pulso (hipóteses formuladas por alunos), podem dar alterações, agravando o estado da pessoa caso esteja realmente com febre.

entra em equilíbrio térmico com o corpo, para indicar a temperatura do corpo.

Figura 6. Trecho do relato do grupo 5.

Por fim percebemos que colocar a mão na testa ou na nuca não é confiável e eficiente, pois sua temperatura irá influenciar. Por isso o mais exato é o termômetro, mas é necessário que a ponta de ferro fique um tempo em braço de braço para [se "acostumar" com a temperatura do corpo envolvido] [entra em equilíbrio térmico]

Figura 7. Trecho do relato do grupo 6.

Apenas o grupo 7 apresentou uma resposta correta ao problema proposto, mas não conseguiu justificá-la de maneira satisfatória (texto da Figura 8). Os alunos desse grupo confundiram ainda a noção simplesmente tátil de sensação térmica com o conceito de temperatura, ao afirmarem, no início de sua conclusão, que “a temperatura pode nos enganar”.

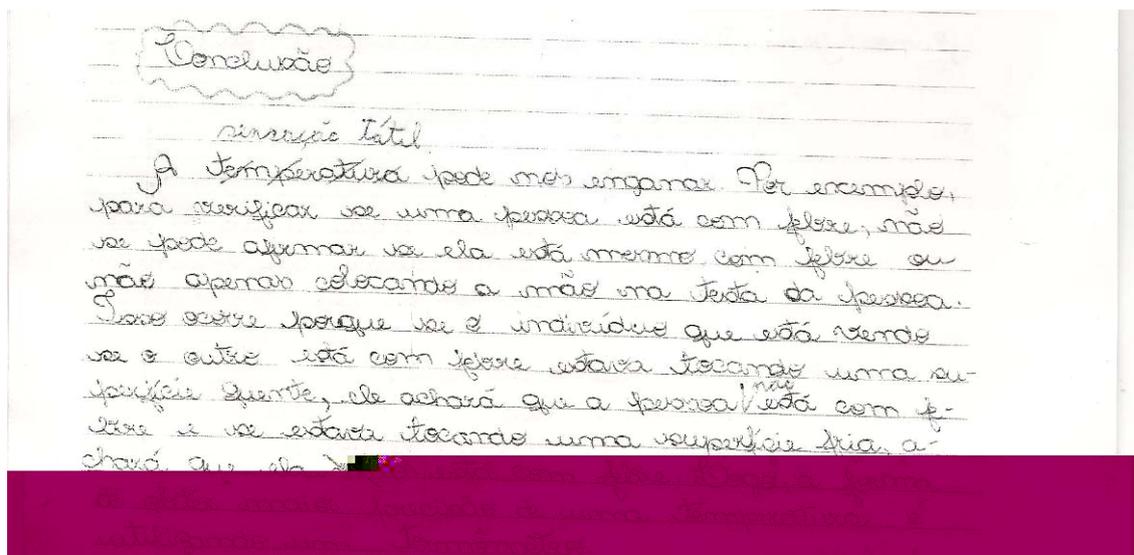


Figura 8. Trecho do relato do grupo 7.

O grupo 7 mencionou corretamente a necessidade de uma referência para a determinação da temperatura de um corpo (“não se pode afirmar se ela [a pessoa] está mesmo com febre ou não apenas colocando a mão na testa da pessoa”). Entretanto, ao tentar justificar esse fato, se equivocou no que se refere ao conceito de equilíbrio térmico e às trocas de energia na forma de calor, conforme pode ser observado na correção por nós sugerida ao texto (*Isso ocorreu porque se o indivíduo que está vendo se o outro está com febre estava tocando uma superfície quente, ele achará que a pessoa não está com febre e se estava tocando uma superfície fria, achará que ela está com febre.*). O grupo tentou fazer uma analogia com o experimento realizado durante a atividade investigativa e acabou trocando os resultados.

Entendemos que esse erro pode ser justificado tendo por base a concepção de aprendizagem à qual objetivamos com nossa proposta de ensino, pois ele faz parte do processo de construção do conhecimento, que não é linear nem imediato. Concordamos com Moreira (2010) quando afirma que “é da natureza humana errar. O homem aprende corrigindo seus erros. Não há nada errado em errar. Errado é pensar que a certeza existe, que a verdade é absoluta, que o conhecimento é permanente.”

A incorreção identificada é compreensível na medida em que o conceito de *equilíbrio térmico* seria apresentado aos alunos a partir dessa e de outras atividades e que o assunto *trocadas de calor* iria também ser trabalhado posteriormente, por meio de outras atividades investigativas. Ademais, a nosso ver, apesar de não ter utilizado as expressões *equilíbrio térmico* e *trocadas de calor*, as quais realmente ainda não lhe tinham sido apresentadas nem trabalhadas em sala de aula, este foi o grupo que mais “ousou” ao tentar explicar por que temos diferentes sensações de quente e frio ao utilizarmos referências diferentes.

Conclusões

Apresentamos neste trabalho uma atividade investigativa experimental para a aprendizagem do conceito de temperatura. Procuramos indícios, nos relatos escritos dos alunos, de habilidades que foram desenvolvidas (como levantar hipóteses sobre uma questão, trabalhar em grupo, argumentar com fundamentação científica e reconhecer e participar das etapas de um processo de investigação científica) e de como e que conhecimentos foram construídos por eles.

Concordamos com Paula e Aguiar (2007) em que “o confronto entre hipóteses e explicações com evidências empíricas e testes experimentais deve fazer parte das estratégias de ensino e aprendizagem”. Assim, acreditamos ter elaborado e aplicado uma atividade experimental de ensino

por investigação que permitiu desenvolver tais habilidades. Entretanto, os mesmos autores afirmam que “atividades desenvolvidas com a finalidade de se testar empiricamente idéias e explicações são raramente encontradas nas escolas de educação básica e, mesmo, de nível superior.”

No que diz respeito ao material escrito produzido pelos estudantes, analisamos mais detalhadamente o relato do grupo 1. Por intermédio desse estudo, foi possível concluir que os alunos do grupo 1 estruturaram suas ideias de forma clara e bastante articulada, argumentando adequadamente em favor da conclusão a que chegaram. Conseguiram também expressar-se de forma escrita de modo que não só eles (mas também o leitor de sua produção escrita) possa se interar do que aconteceu durante a atividade investigativa e compreender o conhecimento físico construído por eles a partir dela.

Além disso, é importante notar que o texto permitiu identificar alguns caminhos que parecem tê-los levado à construção de conhecimentos (conceitos de equilíbrio térmico e temperatura, necessidade do uso do termômetro para medir temperatura, etc.).

Mais evidências de que os grupos de alunos conseguiram atingir os objetivos de aprendizagem da atividade investigativa aplicada puderam ser observadas pelas conclusões a que chegaram, em comparação com suas hipóteses iniciais. Apenas os grupos 2, 5 e 6, de forma bem pontual, particularmente no uso do termômetro, ainda mantiveram alguns resquícios de vocabulário não-científico e argumentos do cotidiano. Contudo, vale a pena notar que verificamos, tanto para esses grupos como para os demais, um bom domínio do conhecimento científico e de sua linguagem, sobretudo se considerarmos que esta era a primeira atividade de aprendizagem do ano letivo do 1º ano do Ensino Médio e, para muitos, o primeiro contato formal com a disciplina Física na escola regular.

Por tudo isso, pensamos que o exercício da escrita deve ser mais recorrente para os alunos durante a aprendizagem de Física, pois ele lhes possibilita mais uma oportunidade de reflexão sobre os conhecimentos construídos e a sistematização dos mesmos. Além disso, a escrita de relatos como esse auxilia não só a reconstrução interna do aluno, mas também intensifica a negociação de significados entre os membros do grupo, a qual ocorre no momento da confecção do texto coletivo.

Enquanto instrumento avaliativo para o professor, as atividades escritas atuam como mais uma estratégia que lhe permite acompanhar como os alunos estão se apropriando do novo conhecimento trabalhado na disciplina, com vistas ao planejamento de intervenções e estratégias de ensino por parte do docente.

Na medida em que a escrita propicia a mobilização de tantas habilidades pelos alunos (como a reflexão, a negociação de significados e a sistematização de ideias), a análise de material escrito produzido por eles parece constituir-se numa ferramenta de pesquisa das possíveis evidências do potencial do ensino por investigação e também de como ocorre a construção do conhecimento pelos estudantes, pois pode ajudar a elucidar como, de acordo com Paula e Aguiar (2007):

A construção coletiva de problemas, o levantamento de conhecimentos prévios, de expectativas e hipóteses, a realização de investigações e a avaliação das evidências disponíveis constituem, nesse ambiente, um novo modo de integrar o aprender ciências, o aprender a fazer ciências e o aprender sobre ciências (PAULA, 2004a; MILLAR, 1996; HODSON, 1993).

Referências

Azevedo, M. C. P. S. (2004). Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M. P. (org), *Ensino de Ciências*. 19–33. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

- Bassalo, J. M. F. (1992). A Crônica do Calor: Calorimetria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(1), 29–38.
- Boss, S. L. B., Trindade, N. M., Batagin-Neto, A., & Lavarda, F. C. *Ensino por Investigação: relato de uma experiência pedagógica em Termodinâmica*. In: XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, Vitória: 2009. Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1–10.
- Capecchi, M. C. V. M. (2004). *Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física*. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Capecchi, M. C. V. M., & Carvalho, A. M. P. (2006). Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Revista Pro-Posições* (Faculdade de Educação da Unicamp), 17 (1), 137–153.
- Carvalho, A. M. P., Santos, E. I., Azevedo, M. C. P. S., Date, M. P. S., Fujii, S. R. S., & Nascimento, V. B. (1999). *Termodinâmica: Um ensino por investigação*. São Paulo: Universidade de São Paulo – Faculdade de Educação.
- Driver, R.; Asoko, H.; Mortimer, E., & Scott, P. (1999). Construindo conhecimento científico na sala de aula, *Química Nova na Escola*, 9, 31–40.
- Grings, E. T. O., Caballero, C., & Moreira, M. A. (2007). Significados dos conceitos da termodinâmica e possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes de Ensino Médio. *Revista Liberato* (Novo Hamburgo), 8, 7–12.
- Hewitt, P. G. (2002). *Física Conceitual*. Porto Alegre: Bookman.
- Köhnlein, J. F. K., & Peduzzi, S. S. (2002). Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura. *Revista Brasileira de Investigação em Educação em Ciências*, 2 (3), 84–96.
- Locatelli, R. J., & Carvalho, A. M. P. (2005). Como os alunos explicam os fenômenos físicos. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra (VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias), 1–5.
- Locatelli, R. J., & Carvalho, A. M. P. (2007). Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(3).
- Máximo, A., & Alvarenga, B. (1997). *Física – Volume Único*. São Paulo: Scipione.
- Maximo Pereira, M. (2010). “Ufa!! Que calor é esse?! Rio 40 °C” – Uma proposta para o ensino dos conceitos de calor e temperatura no Ensino Médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Maximo Pereira, M., & Soares, V. *Ver TV e aprender Física: um caminho possível*. In: 62ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA (SBPC), Natal: 2010. Anais da 62ª Reunião da SBPC. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.
- Moreira, M. A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1), 7–29.
- Moreira, M. A. (2010). Aprendizagem significativa crítica. Acesso em 17 de maio, 2011, <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>.

- Nagy Silva, M. C., & Buriasco, R. L. C. (2005). Análise da produção escrita em matemática: algumas considerações. *Ciência & Educação*, 11 (3), 499–512.
- Oliveira, C. M. A., & Carvalho, A. M. P. (2005). Escrevendo em aulas de ciências. *Ciência & Educação*, 11 (3), 347–366.
- Paula, H. F., & Borges, A. T. (2007). Avaliação e teste de explicações na educação em ciências. *Ciência & Educação*, 13 (2), 175–192.
- Pereira, D. R. O., & Aguiar, O. (2006). Ensino de Física no nível médio: tópicos de Física Moderna e experimentação. *Revista Ponto de Vista (Viçosa)*, 3 (1), 65–81.
- Rivard, L. P., & Straw, S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning science. An exploratory study. *Science Education*, 84 (5), 566–593.
- Saraiva-Neves, M., Caballero, C., & Moreira, M. A. (2006). Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem de Física, em sala de aula - um estudo exploratório. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11 (3), 383–401.
- Sasseron, L. H. (2008). A Alfabetização Científica nas séries iniciais do Ensino Fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2010). Escrita e Desenho: Análise de registros elaborados por alunos do Ensino Fundamental em aulas de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10 (2).
- Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Introductory Thermal Concept Evaluation: assessing student's understanding. *The Physics Teacher*, 39, 496–504.

Recebido em: 24.05.11

Aceito em: 08.12.11

Apêndice

Guia de Orientação para o Professor

Observações:

- a) Os objetivos da atividade não devem ser mencionados para os alunos.
- b) As hipóteses formuladas pelos alunos podem ser diferentes das listadas no *Guia*.
- c) Marcamos com * a hipótese fisicamente correta e considerada mais completa. O conteúdo dela é o que queremos que nosso aluno aprenda.

Atividade 1: Está com febre?

1.1 – Objetivos: verificar que não é confiável medir a temperatura por meio do tato; identificar que temperatura é uma medida da sensação de quente ou frio em relação a um determinado padrão; identificar que os instrumentos de medida de temperatura demoram certo tempo para entrarem em equilíbrio com o sistema do qual se quer conhecer a temperatura e para fornecerem seu valor correto.

1.2 – Problema: Como saber se alguém está com febre?

1.3 – Algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos:

- Colocamos a parte de cima de nossa mão na testa da pessoa;
- Colocamos a parte de cima de nossa mão em seu pescoço;
- Colocamos um termômetro embaixo do braço da pessoa e verificamos a temperatura;
- Colocamos um termômetro embaixo do braço da pessoa, esperamos um pouco e verificamos a temperatura;*
- ...

1.4 – Etapas para a solução ao problema:

- A partir das hipóteses e para testá-las, o professor sugere a realização de um experimento simples, que permite resolver o problema acima sem necessitar de alguém que esteja realmente com febre.

Experimento proposto

- O professor coloca à disposição de cada grupo de alunos 3 vasilhas iguais e com a mesma quantidade de água, sendo que numa delas há água fria, na outra, água à temperatura ambiente e, na terceira, água morna (essas informações não devem ser fornecidas aos alunos). O professor pede, então, que um dos alunos do grupo coloque a mão dentro da primeira vasilha e diga a sua sensação. Sem tirar a mão da primeira vasilha, o aluno deve colocar a outra mão no terceiro recipiente e igualmente descrever a sua sensação. Por fim, pede que o aluno coloque uma das mãos no segundo recipiente e diga se está quente ou frio, e depois a outra, informando também a sensação que tem agora;
- Os grupos realizam o experimento, debatem entre si sobre os resultados obtidos e tiram conclusões;
- Todos os grupos se reúnem e cada um apresenta seus resultados e sua solução para o problema;
- Com a orientação e mediação do professor, os grupos discutem para chegar à melhor solução coletiva.