



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS  
CIÊNCIAS

MARIA ALICE FARIAS DE MORAIS LYRA

**ANÁLISE DO USO DE UM TEXTO DIDÁTICO SOBRE O CONCEITO  
DE CALOR NUMA ABORDAGEM KELLYANA**

Recife, agosto de 2006

Maria Alice Farias de Moraes Lyra

**ANÁLISE DO USO DE UM TEXTO DIDÁTICO SOBRE O CONCEITO  
DE CALOR NUMA ABORDAGEM KELLYANA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – Nível Mestrado, da UFRPE, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientadora: Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos, PhD.

Co-orientador: Prof. Dr. Ernande Barbosa da Costa.

Recife, agosto de 2006

**ANÁLISE DO USO DE UM TEXTO DIDÁTICO SOBRE O CONCEITO  
DE CALOR NUMA ABORDAGEM KELLYANA.**

Maria Alice Farias de Moraes Lyra

Banca Examinadora:

Presidente: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup> Heloisa Flora B. N. Bastos, Dr<sup>a</sup>. (UFRPE)

1º Examinador: \_\_\_\_\_

Prof. Antônio Carlos da Silva Miranda, Dr. (UNICAP)

2º Examinador: \_\_\_\_\_

Prof. Alexandro Cardoso Tenório, Dr. (UFRPE)

3º Examinador: \_\_\_\_\_

Prof. Ernande Barbosa da Costa, Dr. (UFRPE)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amigos e familiares, às minhas avós Alice Milet e Maria Carolina Farias, à minha mãe Lucila Farias, mulheres que adotei como referencial de professoras dedicadas, aos meus filhos Rafael e Guilherme, ao meu marido Paulo Eduardo por seu amor, apoio e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

Acredito que ninguém consegue realizar um trabalho como este sozinho, por isso, gostaria de expressar meu carinho e gratidão:

A Deus, por ser a fonte de energia espiritual que me guia em todos os momentos de minha vida.

À professora Heloisa Bastos, pela dedicação e compreensão com que me orientou durante a construção deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, da UFRPE, por serem exemplos inspiradores para todos os seus alunos.

Aos professores Alexandro Tenório, Ernande Barbosa e Helaine Ferreira, pelas sugestões e correções necessárias.

Aos colegas do mestrado, pela amizade e o convívio harmonioso.

Aos meus alunos, por terem despertado em mim o desejo de um ensino que traga contribuições para suas vidas.

À minha amiga Hercy Santos, por seu inestimável aconselhamento durante os momentos mais difíceis.

Aos funcionários da UFRPE, pela colaboração e disponibilidade.

Aos meus pais, pela dádiva da vida.

A minha família, por compartilharem dos meus ideais e me ampararem nos momentos de aflição.

## RESUMO

A fim de colaborar com o professor de física, que se vê diante dessa nova proposta curricular trazida pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio, este trabalho tem como objetivo avaliar se os textos de “Leituras de Física”, produzido pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, possibilitam o desenvolvimento de algumas competências relacionadas ao conceito de calor. Neste estudo, pesquisamos, também, a aplicação do ciclo da experiência kellyana (antecipação, investimento, encontro, confirmação/desconfirmação e revisão construtiva), utilizando esse material, a alunos do segundo ano do ensino médio, em trinta aulas de cinquenta minutos cada, das quais as duas primeiras contemplaram a fase de antecipação. Após as intervenções aplicamos o pós-teste com duas intenções: permitir que o aluno ao respondê-lo fizesse uma grande revisão construtiva e diagnosticar se o aluno tinha desenvolvido as competências esperadas. A comparação dos resultados obtidos no pré-teste, nas intervenções e no pós-teste mostrou que esse recurso didático, utilizado num ciclo da experiência, contribuiu não só para desenvolvimento de determinadas competências relacionadas ao conceito de calor, como também permitiu que os alunos avançassem na sua capacidade de leitura e interpretação de textos. Assim, a metodologia empregada nesta pesquisa, além de familiarizar os aprendizes com a linguagem particular da Física, possibilitou o desenvolvimento de competências necessárias para analisar e interpretar notícias científicas.

Palavras chaves: ensino de física, ciclo da experiência kellyana, calor, competência.

## **ABSTRACT**

In order to help physics teachers who face the new curricular proposal introduced by the National Curricular Parameters for high schools, this work has the objective to evaluate whether the texts “Leituras de Física”, produced by the Physics Teaching Reelaboration Group, from the Physics Institute of São Paulo University, allow the development of some competences related to the concept of heat. In this study, we also research the application of Kellyan experience cycle (anticipation, investment, encounter, confirmation/disconfirmation, constructive revision), using this material, to high school students, during thirty classes of fifty minutes each, in which the two first involved the anticipation phase. After the interventions, we applied the post-test, with two intentions: to allow the student to make a great constructive revision and to diagnose if the student had developed the expected competences. The comparison of results obtained in pre-test, in interventions and post-test showed that this didactic resource, used in a Kellyan experience cycle, contributed not only to the development of specific competences related to the concept of heat, as well permitted that the students could progress in their capacity to read and write texts. Therefore, the methodology applied in this research, besides familiarizing the participants with the specific language of physics, allowed them to develop the necessary competences to analyze scientific news.

**Keywords:** physics teaching, Kellyan cycle of experience, heat, competence.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 A abordagem por competências.....	18
2.2 O espírito científico.....	21
2.3 Os conhecimentos da Física e as competências.....	24
2.4 Teoria do Construto Pessoal.....	27
2.5 O calor.....	30
3. METODOLOGIA.....	34
3.1 Procedimentos metodológicos.....	36
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....	43
4.1 Análise dos dados do pré-teste.....	43
4.2 Análise dos dados das intervenções.....	60
4.3 Análise dos dados do pós-testes.....	96
5. CONCLUSÕES .....	114
6. REFERÊNCIAS.....	117
 APÊNDICES.....	 119
 APÊNDICE A – PRÉ-TESTE.....	 120
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA SEGUNDA INTERVENÇÃO .....	123
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DA TERCEIRA INTERVENÇÃO.....	124
APÊNDICE D – ARTIGO.....	125

**LISTAS DE FIGURAS**

Figura 1 – Os ciclos da experiência kellyana em cada uma das quatro intervenções.....	42
Figura 2 – Resposta do aluno A <sub>1</sub> ao quesito 3.2 do texto “Medida de temperaturas”.....	61
Figura 3 – Resposta do aluno A <sub>13</sub> ao quesito 3.2 do texto “Medida de temperaturas”.....	62
Figura 4 – Resposta do aluno A <sub>17</sub> ao quesito 3.2 do texto “Medida de temperaturas”.....	62
Figura 5 – Resposta do aluno A <sub>10</sub> ao quesito 3.3 do texto “Medida de temperaturas”.....	63
Figura 6– Resposta do aluno A <sub>17</sub> ao quesito 3.3 do texto “Medida de temperaturas”.....	64
Figura 7 – Resposta do aluno A <sub>1</sub> ao quesito 3.3 do texto “Medida de temperaturas”.....	64

## QUADROS E TABELAS

Tabela 1 – Resultados da primeira questão do pré-teste.....	44
Tabela 2 – Resultado da segunda questão do pré-teste.....	46
Tabela 3 – Resultado de terceira questão do pré-teste.....	49
Tabela 4 – Resultado da quarta questão do pré-teste.....	52
Tabela 5 – Resultado da quinta questão do pré-teste.....	55
Tabela 6 – Resultado da sexta questão do pré-teste.....	57
Tabela 7 – Resultado da questão 3.2 do texto “Medida de temperaturas”.....	61
Tabela 8 – Resultado da questão 3.3 do texto “Medida de temperaturas”.....	63
Tabela 9 – Resultado da questão 3.4 do texto “Medida de temperaturas”.....	65
Tabela 10 – Resultado da questão 3.5 do texto “Medida de temperaturas”.....	67
Tabela 11 – Nível de aproveitamento do aluno na fase de investimento do texto “Medida de temperaturas”.....	69
Tabela 12 – Resultado da primeira questão do apêndice B.....	71
Tabela 13 – Resultado da segunda questão do apêndice B.....	73
Tabela 14 – Resultado da terceira questão do apêndice B.....	75
Tabela 15 – Resultado da quarta questão do apêndice B.....	76
Tabela 16 – Nível de aproveitamento do texto “Sol: a fonte da vida”.....	78
Tabela 17 – Resultado da primeira questão do apêndice C.....	80
Tabela 18 – Resultado da segunda questão do apêndice C.....	82
Tabela 19 – Resultado da terceira questão do apêndice C.....	83
Tabela 20 – Resultado da quarta questão do apêndice C.....	84
Tabela 21 – Resultado da quinta questão do apêndice C.....	86
Tabela 22 – Nível de evolução das concepções dos alunos após a fase de encontro.....	87
Tabela 23 – Aspectos teóricos e práticos identificados pelos alunos na experiência de propagação de calor por condução.....	88
Tabela 24 – Aspectos teóricos e práticos identificados pelos alunos na experiência de propagação de calor por convecção.....	90

Tabela 25 – Aspectos teóricos e práticos identificados pelos alunos na experiência de materiais condutores.....	92
Tabela 26 – Nível de evolução das concepções dos alunos sobre os processos de propagação de calor e materiais condutores após a fase de confirmação/desconfirmação.....	94
Tabela 27 – Resultado do aproveitamento do texto “Calor e conforto” após a fase de confirmação/desconfirmação.....	95
Tabela 28 – Resultado da primeira questão do pós-teste.....	97
Tabela 29 – Resultado da segunda questão do pós-teste.....	99
Tabela 30 – Resultado da terceira questão do pós-teste.....	102
Tabela 31 – Resultado da quarta questão do pós-teste.....	105
Tabela 32 – Resultado da quinta questão do pós-teste.....	108
Tabela 33 – Resultado da sexta questão do pós-teste.....	111
Tabela 34 – Manifestação dos obstáculos epistemológicos no pós-teste.....	113

## **INTRODUÇÃO**

Os avanços científicos e tecnológicos têm produzido alterações em diversos setores da nossa sociedade. Isto se deve não só a uma grande concentração de informações, mas também à facilidade que se tem de manipulá-las, armazená-las e distribuí-las. Sendo assim, esta nova sociedade também passa a exigir mudanças na forma como a escola se relaciona com o conhecimento.

A crescente inserção da ciência e da tecnologia nas atividades produtivas e nas relações sociais, além de gerar mudanças na sociedade, torna o conhecimento rapidamente superado. Esses eventos exigem, não só que as pessoas estejam continuamente se atualizando, mas também que elas, diante dessas modificações, sejam capazes de tomar decisões e intervir socialmente (BRASIL, 2002).

Para formar os cidadãos desses novos tempos, o ensino precisa dar menos importância à acumulação e reprodução do conhecimento e procurar valorizar o desenvolvimento de capacidades, que preparem os nossos jovens para a sociedade que os espera! Assim, “o que se deseja é que os estudantes desenvolvam competências básicas que lhes permitam desenvolver a capacidade de continuar aprendendo” (BRASIL, 2002, p.26 e p.27).

Trata-se de uma nova concepção de ensino-aprendizagem, que busca dar significado ao conhecimento escolar e evitar a compartimentalização do mesmo. Para atender à perspectiva desse novo modelo de educar, o Ministério da Educação, através dos Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio, propõe um currículo baseado no domínio de competências básicas que garantam uma formação tanto para o exercício da cidadania quanto para o desenvolvimento de atividades profissionais.

Diante desse novo ponto de vista, um ensino de Física que privilegia a acumulação e reprodução dos conhecimentos não acompanha as mudanças exigidas. Não faz mais sentido ensinar essa disciplina apresentando para os nossos alunos fórmulas, leis e conceitos, de uma forma desarticulada e distante do mundo cotidiano. Normalmente, lecionam-se priorizando a utilização de fórmulas, que são aplicadas em situações modelos, impedindo que os estudantes percebam o verdadeiro significado das mesmas, sendo, inclusive, natural apresentar o saber físico como um produto acabado, endossando, assim a impressão que o jovem tem de que não há mais nada a investigar nessa ciência (BRASIL, 2002).

Os conhecimentos físicos precisam ser ensinados de modo que o aprendiz possa interpretá-los e transferi-los para diferentes campos do saber, ou para situações que exigem um real entendimento de seus conceitos. Para tanto, é necessário considerar o mundo das vivências dos alunos, visto que, os mesmos, para enfrentar essa nova realidade, necessitam ter melhor compreensão da mesma. Dessa forma, o ensino de Física precisa ser repensado e traduzido em termos de competências e habilidades (BRASIL, 2002).

O conceito de competência surgiu em diferentes campos das ciências sociais e, como tal, entrou na área da educação, numa estreita relação com o ramo da pedagogia. Assim, não podemos afirmar que somente um único conceito de competência tenha influenciado diversas disciplinas pedagógicas (BERNSTEIN, 2003). Por isso, é natural, que não só no setor educacional, como em outros, sejam atribuídas várias definições para esse conceito. Também é igualmente normal, que ele esteja ligado tanto a contextos culturais quanto a profissionais.

Entretanto, isso não quer dizer que uma competência tenha que, necessariamente, se referir a uma profissão, visto que, toda ela se baseia em uma prática social. Assim, jogar futebol ou cozinhar são práticas que, apesar de exigirem algumas competências, não precisam, obrigatoriamente, serem realizadas por profissionais (PERRENOUD, 1999).

Neste sentido é que o conceito de competência, sobre o qual versou este trabalho, encontra-se situado no contexto educacional, posto que esta é a área para a qual esta pesquisa esteve voltada. No entanto, um dos autores que, na educação brasileira, tem sido fonte de leituras e discussão sobre a noção de competências é Philippe Perrenoud (RICARDO, 2003). Por esse motivo é que será adotada neste projeto, a definição desse autor sobre esse conceito.

Segundo Perrenoud (2000, p.15), a noção de competência pode ser entendida como “... *uma capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação*”. Para esse autor, a noção de competência está preservada nas ações que exigem do sujeito um pensamento reflexivo mínimo. Logo, “a partir do momento em que ele fizer ‘o que deve ser feito’ sem sequer pensar, pois já o fez, não se fala mais em competências, mais sim em habilidades ou hábitos” (PERRENOUD, 1999, p.26).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio apresentam, sintetizadas em um quadro, na página 273, as competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física. A questão que aqui colocamos é: como desenvolver essas competências? Segundo Perrenoud (1999, p.54), “constroem-se as competências exercitando-se em *situações complexas*”. Ou seja, numa abordagem por competências, é interessante apresentar ao aprendiz situações que o obriguem a alcançar uma meta, a resolver problemas e a tomar decisões. Dessa forma, o papel do professor, nesse tipo de abordagem, costuma ser o de planejar e regular essas situações. Contudo, ao elaborá-las, é importante que o docente saiba quais os obstáculos cognitivos que seus alunos vão enfrentar (PERRENOUD, 1999).

Esses obstáculos cognitivos citados por Perrenoud reportam-nos à idéia de obstáculos epistemológicos, propostos por Bachelard (1996). Este filósofo afirma que esses obstáculos são conhecimentos anteriores que impedem que o indivíduo evolua para o espírito científico.

De fato, os estudantes, ao entrarem nas aulas, trazem consigo conhecimentos empíricos já constituídos, os quais representam obstáculos a serem modificados (BACHELARD, 1996). Sendo assim, o professor precisa procurar identificar esses obstáculos para que possa planejar situações que permitam a superação dos mesmos.

No entanto, a elaboração dessas situações exige do educador não só uma grande capacidade de análise, mas também dedicação e tempo. Assim, não é justo esperar que o docente esteja, continuamente, criando e imaginando essas situações. “Por isso, seria importante que os editores ou os serviços de didática colocassem à sua disposição idéias de situações, pistas metodológicas e materiais adequados” (PERRENOUD, 1999, p.61).

Hoje em dia, o professor, que quer trabalhar sob a perspectiva da abordagem por competência acha difícil encontrar materiais adequados. Com o propósito de prestar auxílio a esse educador, este trabalho pretende analisar como os textos de “Leituras de Física”, produzido, em 1998, pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), aborda o conceito de calor na perspectiva do desenvolvimento de competências proposta pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

O material “Leituras de Física”, que se encontra disponível na internet<sup>1</sup>, contempla as áreas de Mecânica, Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo. A área da Física Térmica é desenvolvida através de quatro temas: “Medida e controle de temperatura, Fontes e trocas de calor, Transformações térmicas e Máquinas térmicas”.

Em cada tema, encontramos um conjunto de leituras, organizadas em quatro páginas cada, compostas por uma abertura, uma seção de investigações e estudos e, finalmente, um complemento, que pode conter exercícios ou mais informações sobre o tema. Optamos por esse material porque as suas leituras abordam os assuntos a partir do cotidiano do aluno.

Nesta pesquisa foram trabalhados os dois primeiros temas da área de Física Térmica: “Medidas e controle de temperatura” e “Fontes e trocas de calor”. O primeiro é trabalhado em cinco leituras, enquanto o segundo é trabalhado em oito leituras. Essas leituras serviram como textos de consulta para os alunos em diversas situações de aprendizagem, que foram vivenciadas durante as investigações.

Durante a realização desta pesquisa o professor enfrentou todos os problemas que são comuns aos educadores dessa escola estadual. Ocorreram situações em que o professor teve que antecipar as aulas do dia por causa da falta de um outro profissional e era impossível ele está em dois lugares ao mesmo e por isso mesmo esse recurso didático foi de grande valia, pois os estudantes podiam trabalhar sozinhos com os textos. Houve dias em que as aulas foram adiadas devido a paralisações ou outros eventos. Dessa forma, encontramos dificuldades para explorar devidamente todos os textos pressupostos.

Mesmo assim, nas situações de aprendizagem, foram criadas as condições para o desenvolvimento de competências, que foram planejadas de maneira a permitir que os estudantes identificassem os conhecimentos que lhes faltavam para atingir o objetivo da atividade proposta pelo educador e, assim, procurassem adquiri-los. Desse modo, o professor além de assumir a tarefa de planejador, exerceu também a função de regulador de todo o processo em que o aluno atuou como agente participativo e não como um mero observador. Esses tipos de práticas educacionais fazem parte das abordagens construtivistas (PERRENOUD, 1999).

---

<sup>1</sup> <<http://axpfep.1.if.usp.br/~gref/pag01.htm>>

Nesse tipo de abordagem, o indivíduo atua como sujeito ativo, que constrói o seu conhecimento através da interação com o ambiente. Assim, a Teoria do Construto Pessoal de Kelly, que segundo Bastos (1998), é uma teoria psicológica e construtivista, apresenta aspectos que se afinam com uma abordagem por competências.

A Teoria do Construto Pessoal é composta por um postulado e onze corolários. Um desses corolários, o da experiência, está relacionado à idéia de Kelly sobre aprendizagem, a qual é resultado das tentativas da pessoa em lidar com eventos. Assim, a experiência kellyana não é um simples encontro com um evento, mas é definida como “... um ciclo contendo cinco fases: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.4).

Dessa forma, para que haja aprendizado é preciso engajar a pessoa no ciclo da experiência kellyana (BASTOS, 1998). Sendo assim, nesta investigação, as condições para o desenvolvimento de competências serão elaboradas de forma a permitir que o aluno vivencie as cinco fases do ciclo.

É na fase da antecipação que o aprendiz se conscientiza dos conhecimentos que lhe faltam e passa, então, para a fase do investimento, na qual busca adquiri-los, a fim de construir teorias pessoais que os preparem para enfrentar a situação (fase do encontro). No momento do encontro, então, os estudantes confirmam ou desconfirmam as suas teorias, as quais poderão ser revistas nos pontos que originaram problemas. Para tanto, diversos textos de “Leituras de Física”, que abordam o conceito de calor, serão utilizadas em uma ou mais fases desse ciclo.

Neste sentido, este projeto teve como objetivos:

- Geral: Analisar se é possível utilizar os textos de “Leituras de Física” sobre o conceito de calor numa abordagem kellyana.
- Específicos:
  - ✓ Avaliar se os alunos desenvolveram as seguintes competências:
    - Compreender, por meio de situações práticas do cotidiano, o calor como energia transferida entre sistemas de diferentes temperaturas;

- Reconhecer os diferentes processos de troca de calor em situações práticas do cotidiano;
- Utilizar e compreender as tabelas de energia fornecida pelos alimentos, coeficiente de condutividade térmica e calor específico;
- Identificar, em função da sua utilização no mundo vivencial, os materiais bons e maus condutores térmicos.

✓ Identificar se é possível aplicar o ciclo da experiência kelyana utilizando esses textos.

Dessa forma, essa pesquisa buscou solucionar o seguinte problema: Quais as competências desenvolvidas pelo material “Leituras de Física”, quando aborda o conceito de calor?

Durante as nossas investigações, adotamos a seguinte hipótese: o material “Leituras de Física” é um recurso didático adequado para o ensino do conceito de calor na perspectiva da abordagem por competências.

Este trabalho está organizado em quatro capítulos. No primeiro apresentamos o conceito de competência, segundo Perrenoud (1999) e como os Parâmetros Curriculares do ensino médio propõem o ensino de Física dentro dessa nova perspectiva. Ainda nesse capítulo, discutimos as bases teóricas dos obstáculos epistemológicos de Bachelard (1996) e alguns aspectos da Teoria do Construto Pessoais de Kelly (1963), bem como um estudo mais detalhado do corolário da experiência que foi utilizado nesta pesquisa. No segundo capítulo, temos a descrição da metodologia aplicada neste estudo, incluindo as intervenções didáticas e os instrumentos de coletas de dados. No terceiro capítulo, fazemos a análise e discussão dos dados coletados no pré-teste, nas intervenções e no pós-teste. E finalmente, no último capítulo, temos as conclusões e sugestões para futuras pesquisas

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

## 2.1 A abordagem por competências

Durante muitos anos o ensino médio teve como objetivo final preparar o vestibular, visto que, está numa universidade era o “caminho natural” para os concluintes desse período da escolaridade. “No entanto, os tempos mudaram: a escolaridade média vem sendo bastante ampliada assim como também o espaço de atuação social dos egressos da escola média, que não necessariamente buscam o ensino superior”. Dessa forma, a finalidade dessa etapa final da educação básica precisa estar voltada “... para a formação de jovens, independente da sua escolaridade futura” (KAWAMURA e HOSOUME, 2003, p.23).

Assim, esses novos tempos exigem que a escola forme cidadãos capazes de entender o mundo e agir sobre ele. Para tanto, é necessário que o aprendiz, ao mesmo tempo, que se apropria de conhecimentos profundos, construa também competências suscetíveis de mobilizá-los no momento oportuno (PERRENOUD, 1999).

Entretanto, as competências não são, em si, conhecimentos, habilidades ou atitudes, mas mobilizam, integram e orquestram tais recursos cognitivos, com a finalidade de dominar uma situação singular. (PERRENOUD, 2000).

Embora as competências não sejam elas mesmas recursos, há momentos em que elas podem funcionar como um recurso mobilizável para competências mais amplas. A mobilização dos recursos cognitivos é sempre provocada por uma situação. Muitas vezes a vida nos coloca diante de situações novas e para enfrentá-las recorremos à inovação e a repetição, através dos nossos saberes e experiência. “Esse funcionamento cognitivo pertence tanto à ordem da repetição quanto à ordem da criatividade, pois a competência, ao mesmo tempo que mobiliza a lembrança das experiências passadas, livra-se delas para sair da repetição, para inventar soluções parcialmente originais, que respondem, na medida do possível, à singularidade da situação presente ” (PERRENOUD, 1999, p.31).

Segundo Perrenoud (1999), a abordagem por competência não nega as disciplinas mesmo que ocasionalmente as combine para resolver as situações complexas. Dependendo de que tipos são essas situações se terá que lançar mão de recursos de uma única disciplina ou dos recursos

de várias disciplinas. De modo que, certa competência a ser construída é claramente disciplinar enquanto outras necessitam do cruzamento de duas ou mais disciplinas.

Atualmente, o ensino deixa por conta do aluno a tarefa de relacionar o saber erudito e descontextualizado com os conhecimentos oriundos da experiência. Não se pode esperar que a integração dos conhecimentos disciplinares em competências irá fazer-se sozinha, quando, o sujeito, no transcorrer de sua vida, enfrentar situações complexas. A escola, normalmente, delega essa integração a outros formadores (práticos mais experientes) ou “à vida”. Contudo,

Sabe-se agora que a transferência de conhecimentos ou sua integração em competências não são automáticas e passam por um *trabalho*, isto é, um acompanhamento pedagógico e didático sem o qual nada ocorrerá, a não ser para os alunos com grandes meios para isso (Mendlsohn, 1996; Perrenoud, 1997 a, *apud*, PERRENOUD, 1999, p.44).

Para que ocorra a integração dos conhecimentos em competências é necessário que eles sejam mobilizados em situações de aprendizagem que são geradas por dispositivos que colocam os alunos diante de uma tarefa a ser realizada, um projeto a fazer, um problema a resolver. Tal prática exige a troca dos modelos transmissivos e associacionistas por abordagens construtivistas e interacionistas. Assim, na formação por competência o papel do professor é criar situações que aumentem a probabilidade do aprendizado. Essas não representam uma situação didática qualquer, pois colocam o aprendiz diante de uma série de decisões a serem tomadas para alcançar um objetivo, sendo, por isso, denominada de situação problema (PERRENOUD, 1999).

Uma situação-problema precisa ser organizada em torno do conhecimento já construído na mente do aluno, e que obstaculiza o ensino. Mas,

Estruturar, deliberadamente, obstáculos ou antecipá-los e localizá-los em uma tarefa inserida em dado processo de projeto exige uma grande capacidade de análise das situações, das tarefas e dos processos mentais dos alunos, acompanhada por uma capacidade de ver de outro ponto de vista, de esquecer sua própria perícia para ‘colocar-se no lugar’ dele, para ter tempo e entender o que o bloqueia (PERRENOUD, 1999, p.60).

As práticas sociais e os conhecimentos de todo gênero que as abrange, costumam oferecer inspiração para elaboração de situações-problema que seja ao mesmo tempo mobilizadoras e orientadas para aprendizagens específicas. Contudo, essa elaboração, requer um domínio da *matriz disciplinar*, ou seja, das questões fundadoras que a constitui e a organizam como tal (PERRENOUD, 1999).

“Em uma pedagogia das situações-problema, o papel do aluno é implicar-se, participar de um esforço coletivo para elaborar um projeto e construir, na mesma ocasião, novas competências” (PERRENOUD, 1999, p.65). Portanto, é necessário propor as situações-problema negociando-as com os estudantes, para que um maior número possível deles possam ser mobilizados. Essa negociação requer do professor a capacidade de escutar os alunos, de ajudá-lo a formular seu pensamento de ouvir suas declarações e de ajustar o contrato didático sempre que necessário.

As situações-problema possuem uma dinâmica própria, posto que é possível identificar o seu começo, porém nunca se sabe quando e como acabará. Por isso um planejamento de uma abordagem por competências costuma ser flexível, pois a implicação dos alunos, a dinâmica do grupo-aula e outros fatores poderão extinguir o projeto ou gerar outros. Sendo assim, se torna importante que a avaliação formativa integre-se à gestão das situações-problema.

Neste caso, as competências são avaliadas nas situações em que cada um mostra o que sabe fazer agindo, raciocinando, tomando decisões e assumindo riscos. “Isso permite, quando necessário e para fins formativos ou certificativos, estabelecer balanços individualizados de competências” (PERRENOUD, 1999, p.78).

A escola almeja instruir seus jovens de uma forma que todos atinjam uma vida adulta em um nível aceitável de cultura e competências que os prepare para enfrentar a vida. Por isso, a preocupação maior deve ser com aqueles estudantes que estão fadados ao fracasso escolar, visto que os alunos dotados de uma boa cultura e que são acompanhados por sua família prosseguirão o caminho dos estudos superiores, independente de qual seja o sistema educacional. Enquanto que os fracassados optam por carreiras menos exigentes ou enfrentarão o desemprego (PERRENOUD, 1999).

Historicamente, a lógica seguida pelo ensino é a de preparar o aluno para etapa seguinte da escolaridade. Dessa forma, o ensino fundamental prepara para o ensino médio e este para a universidade, que prepara para a pesquisa (PERRENOUD, 1999). Essa lógica não leva em conta a diversidade dos destinos escolares e sociais dos seus estudantes, pois ao término do ensino básico, alguns alunos irão para as universidades, outros buscarão um curso técnico e ainda terão aqueles, que pelas exigências da vida, enfrentarão o mercado do trabalho.

Nesse sentido, a pedagogia das competências, permite a adequação do ensino à realidade dos aprendizes, posto que:

Não se pode imaginar uma abordagem por competências que não seja facilmente sensível às diferenças, a partir do momento em que os alunos são colocados em situações em que, supostamente aprendem *fazendo* e refletindo sobre os obstáculos encontrados (PERRENOUD, 1999, p.80).

Assim, as concepções prévias dos alunos, costumam ser os obstáculos que impedem que os aprendizes se aproximem do conhecimento científico a ser ensinado. Contudo, não é fácil identificar “... os conhecimentos já construídos na mente do aluno, e que obstaculiza o ensino” (PERRENOUD, 2000, p.28). Para analisar esses conhecimentos prévios recorreremos à noção de Bachelard sobre obstáculos epistemológicos.

## **2.2 O espírito científico**

Um conhecimento do senso comum, que não é questionado, representa um obstáculo epistemológico à evolução do pensamento científico (BACHELARD, 1996).

Segundo Bachelard (1996, p.17), “é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos”.

A experiência primeira, aquela que é colocada antes e acima da crítica, constitui-se no primeiro obstáculo à formação do espírito científico. De fato, a observação primeira (experiência primeira) nos parece tão concreta e natural, que julgamos que a compreendemos.

Contudo, a visão empírica por si só, sem a regulação do pensamento reflexivo, não propicia o exato conhecimento do fenômeno (BACHELARD, 1996).

As observações primeiras são típicas do período pré-científico do século XVII. Nessa época, as experiências eram verdadeiros espetáculos de curiosidade, repletos de imagens e encantamentos. Esse empirismo sedutor apresentou-se como um obstáculo à cultura científica, porque ao substituir o conhecimento pela admiração e as idéias pelas imagens, “... retira do pensamento científico o sentido de problema, logo, a mola do progresso” (BACHELARD, 1996, p.36).

Da mesma forma que a experiência primeira representa um obstáculo inicial para a cultura científica, os conhecimentos empíricos dos adolescentes se apresentam como obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1996).

No período pré-científico, não só as experiências, mas também os livros funcionavam como obras de divulgação das descobertas científicas e abordavam os temas, relacionando-os com o cotidiano das pessoas (BACHELARD, 1996).

Recentemente, Kawamura e Hosoume (2003, p.23), verificaram, nos livros didáticos tradicionais, “... a ausência de muitos dos conhecimentos necessários para a compreensão do mundo contemporâneo”. Assim, permanece muito atual a declaração escrita por Bachelard no final da década de trinta, que afirma o seguinte:

Os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranha persistência dos programas universitários, chega a passar como *natural*, mas não é; já não é natural. Já não é a ciência da rua e do campo (BACHELARD, 1996, p.30).

Um outro obstáculo que para Bachelard (1996) é um dos mais difíceis de serem superados é o obstáculo substancialista. O obstáculo substancialista, que surge quando se procura atribuir à substância qualidades diversas. Nesse caso, “... o fenômeno imediato será tomado como sinal

de uma propriedade substancial: toda a busca científica logo será interrompida; a resposta substancialista abafa todas as perguntas” (BACHELARD, 1996, p.128).

Portanto, se um aluno emprega uma substância ou as qualidades ligadas a ela para justificar uma pergunta, isso indica que suas idéias sobre o fenômeno não são muito precisas e por isso elas se constituem num obstáculo substancialista, que impede que o aprendiz se aproxime do conhecimento científico a ensinar.

Quando os fenômenos físicos são interpretados como fenômenos da vida, surge o obstáculo animista nas ciências físicas. Por isso, os conceitos da biologia são utilizados para explicar os fenômenos físicos. E o corpo humano tanto é usado como dispositivo de medição ou detecção, como também serve de modelo para um fenômeno físico (BACHELARD, 1996).

O ato de conhecer não é estático e sim dinâmico, é somente “... destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 1996, p.17), é que o aluno pode evoluir para o pensamento científico.

Dessa maneira, ao adotar uma postura que considera a Física como uma ciência previamente determinada, o professor enfatiza a utilização de cálculos em situações padronizadas que não têm relação com o cotidiano dos alunos (MACEDO, 2003).

Por outro lado, é recente a visão filosófica que considera a ciência como essencialmente *inacabada*, já que hipóteses que foram por muito tempo duvidosas, podem ser revistas, permitindo que o pensamento se modifique (BACHELARD, 1996).

Também os tempos atuais exigem novas formas de abordagens, que propiciam ao aprendiz a capacidade de pensar e agir sobre o mundo. Logo, é interessante trabalhar a partir das representações prévias dos alunos, planejando, assim, situações de aprendizagem, que permitam que eles façam reflexões e questionamentos e, dessa forma, se distanciem da vida cotidiana e comecem a construir um espaço conceitual que lhe forneça uma outra maneira de representar a realidade.

Para formar cidadãos que sejam capazes de enfrentar os desafios da vida moderna, o ensino de Física precisa contemplar “... temas atuais do mundo contemporâneo” (KAWAMURA e HOSOUME, 2003, p.23). Para tanto, é que os Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio propõem um ensino de Física em termos de competências e habilidades. Sendo, então, necessário compreender como os conhecimentos físicos se articulam com as competências.

### **2.3 Os conhecimentos da Física e as competências**

A herança deixada pelo ensino propedêutico endossa a apresentação dos conhecimentos físicos como um produto pronto e acabado, sem relação com a construção da mente humana em contínua mudança. Os alunos estudam conceitos, fórmulas e leis, que para eles não possuem nenhum significado, porque são ensinados de uma forma totalmente desligada da vida real. Privilegia-se a utilização de fórmulas que são aplicadas para resolver problemas descontextualizados, não deixando, desse modo, o estudante perceber o verdadeiro significado físico que as mesmas guardam por trás da linguagem matemática (BRASIL, 2002).

Tudo isso faz parte de um modelo de ensino que prioriza a acumulação, memorização e repetição do conhecimento. Esse modelo enciclopedista, refém dos exames vestibulares, acredita que a maioria dos seus alunos queira cursar uma universidade após concluir o ensino médio. Por isso, não leva em conta outros anseios que são estabelecidos pela história de vida de cada educando. Sendo ainda, interessante observar que nem todos os alunos almejam uma profissão no campo das ciências físicas.

Por outro lado, o mundo atual passa por um processo contínuo de mudanças. Para formar cidadãos desses novos tempos os conhecimentos da Física são indispensáveis, visto que, esses saberes além de se encontrarem incorporados a nossa cultura, fundamentam a tecnologia presente no nosso dia-a-dia. Logo,

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (BRASIL, 2002, p.229).

Sendo assim, diante dessas constantes mudanças torna-se prioritário promover autonomia para aprender. Neste sentido, os Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio propõem que o ensino de física seja traduzido em termos de competências e habilidades. “Mas habilidades e competências concretizam-se em ações, objetos, assuntos, experiências que envolvem um determinado olhar sobre a realidade, ao qual denominamos Física” (BRASIL, 2002, p.231).

Quando se fala de competências, costuma-se levar em conta a inter-relação das mesmas com os conhecimentos de cada disciplina. Para permitir uma integração entre as competências e os conteúdos de diferentes disciplinas, os Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio apresentam três grandes áreas: Linguagens e Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias. (KAWAMURA e HOSOUME, 2003).

Apesar da Física pertencer à área de Ciências da Natureza, ela “... deve também contemplar as dimensões de linguagem e conteúdo humano-social”. Assim, essa disciplina estabelece uma vinculação com as outras áreas do conhecimento através de três dimensões. “Uma delas, interna à própria área, diz respeito à *investigação e compreensão* propriamente dita dos fenômenos físicos. A outra para expressar a relação da Física com a área de linguagens e códigos, diz respeito à *representação e comunicação* em Física”. E, “finalmente para estabelecer com mais clareza a relação da Física com as Ciências Humanas, há que considerar-se a contextualização sócio-cultural dos conhecimentos científicos” (KAWAMURA e HOSOUME, 2003, p.24).

A Física é uma disciplina que tem uma forma própria de interpretar e representar o mundo. Construindo competência e habilidades específicas relacionadas à compreensão e investigação em Física os alunos aprendem essa nova maneira de lidar com o mundo. Isso envolve os saberes inerentes à ação de investigar como: os de identificar questões e problemas a serem resolvidos e os de observar, classificar e organizar fatos e fenômenos a nossa volta. Para tanto, é preciso desenvolver a capacidade de medir e quantificar, reunindo e analisando os dados, a fim de identificar os conceitos físicos, os parâmetros e grandezas, e relações entre estes e aqueles. Compreendendo, assim as leis e teorias físicas e as utilizando em situações do dia-a-dia (BRASIL, 2002).

Contudo, para que os alunos se apropriem dos conhecimentos físicos de forma a relacioná-los ao seu contexto, “... as leis e os princípios gerais precisam ser desenvolvidos passo a passo, a partir dos elementos próximos, práticos e vivenciais” (BRASIL, 2002, p.231). Os saberes físicos, então, contextualizados possibilitam uma articulação com outros conhecimentos, já que realidade não é disciplinar.

Algumas vezes, a Física necessita trabalhar com modelos, os quais permitem uma maior facilidade de visualização de sistemas complexos ou que estejam em uma escala difícil de ser percebida. Assim, os modelos microscópicos podem ser apresentados aos alunos “... a partir da necessidade explicativa de fatos, em correlação direta com os fenômenos macroscópicos que se quer explicar” (BRASIL, 2002, p.232).

A Física utiliza uma linguagem particular composta por símbolos e códigos específicos. No campo da representação e comunicação é necessário que o aprendiz desenvolva a competência de reconhecer e fazer uso dessa linguagem. Os gráficos, tabelas e fórmulas também são formas de expressar os conceitos físicos. Por isso, a comunicação em física passa pela capacidade de ler e traduzir a linguagem matemática em outra, discursiva, sabendo não só usar a linguagem que mais se adequar a cada caso, como também utilizar os elementos de representação simbólica dessa disciplina, como os vetores, por exemplo (BRASIL, 2002).

O aprendizado em Física deve estimular o aprendiz a obter, analisar e sistematizar as informações, capacitando-o, portanto, a interpretar as notícias científicas. Além do que, o conhecimento físico possui um caráter altamente estruturado e por isso é indispensável que os aprendizes desenvolvam a capacidade de elaborar, sínteses, utilizando a própria linguagem física e esquemas articuladores dos diferentes conceitos, propriedades ou processos (*ibidem*).

As dimensões históricas e sociais dessa disciplina ajudam o educando a entender que modelos explicativos não são únicos nem finais, derrubando a falsa impressão que o jovem tem de que essa ciência apresenta um conhecimento estático e definitivo, não havendo alternativas a se investigar. Dessa forma, reconhecer a presença de elementos da Física em obras literárias, peças de teatro ou obras de arte é também uma forma de perceber essas dimensões (*ibidem*).

Essa percepção do saber físico enquanto construção humana, ao mesmo tempo em que, possibilita o desenvolvimento da capacidade de se preocupar com o todo social e com a cidadania, permite a construção das competências necessárias para avaliar a veracidade das informações ou para emitir opiniões e juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos relevantes (*ibidem*).

Embora os Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio sintetizem em um quadro, na página 273, as competências e habilidades a serem desenvolvidos em Física, os objetivos desse documento não é o de fornecer uma listagem completa, mas sim propor uma nova visão para o ensino dessa disciplina, apresentando, para isto, algumas competências que considera importante promover.

No entanto, “... é possível dizer que não se ensina diretamente competência, mas criam-se condições para o seu desenvolvimento” (RICARDO, 2003, P.10). Condições que habitualmente se realizam seguindo uma abordagem construtivista, visto que, elas são planejadas de forma a possibilitar que os alunos identifiquem e busquem os conhecimentos que lhes faltam para compreender o mundo e intervir sobre ele. Esses aspectos podem ser trabalhados de acordo com as fases do ciclo da experiência kellyana, o qual será explicado em um dos corolários da Teoria do Construto Pessoal, que se encontra no tópico a seguir.

#### **2.4 Teoria do Construto Pessoal**

A teoria do construto pessoal de Kelly é baseada numa postura filosófica denominada, por ele mesmo, de alternativismo construtivo, a qual afirma que: “Nós assumimos a posição de que sempre existem algumas construções alternativas disponíveis a serem escolhidas ao lidar com o mundo” (KELLY, 1963, p.15, tradução livre).

Kelly supõe que existe um mundo real, independente do pensamento das pessoas, embora a correspondência entre o que as pessoas pensam que existe e o que realmente existe esteja sempre mudando. Sua idéia de um universo integral significa que ele funciona como uma unidade singular, na qual todas as partes têm uma exata relação com as demais. A ligação entre essas relações é feita pelo tempo, que é uma dimensão que deve ser sempre considerada se quisemos observar mudanças (MOREIRA, 1999).

Através da metáfora do “homem-cientista”, Kelly declara que o ser humano age como os cientistas, ou seja, constrói teorias pessoais para entender a realidade e antecipar eventos, que são testadas por meios de critérios que a própria pessoa define, confirmando ou desconfirmado suas expectativas. Desse modo, essas teorias pessoais precisam ser vista como hipóteses abertas à reconstrução. Vivemos, então, num universo real, mas não nos limitamos a responder a seus estímulos, porque temos a capacidade de representá-lo através de construções alternativas, de acordo com as nossas experiências pessoais e modificá-las por experimentação sucessiva (BASTOS, 1998).

A Teoria do Construto Pessoal foi elaborada com um postulado e onze corolários. O postulado fundamental afirma que: “os processos de uma pessoa são psicologicamente canalizados pelas formas como ela antecipa eventos” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.2).

A teoria de Kelly, então, se completa com onze corolários: o da construção, o da individualidade, o da organização, o da dicotomia, o da escolha, o da faixa, o da experiência, o da modulação, o da fragmentação, o da comunhão e o da sociabilidade. Desses iremos mencionar somente três, que é de interesse para este trabalho. Se houver interesse pelos demais, recomendamos a leitura do livro de Kelly: *A Theory of Personality – The Psychology Constructs* (1963).

a) Corolário da construção

“Uma pessoa antecipa eventos construindo suas réplicas” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.2).

A pessoa constrói réplicas da realidade para tentar prever os eventos.

b) Corolário da individualidade

“As pessoas se diferenciam uma das outras nas construções de eventos” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.2).

Pessoas diferentes que observam um mesmo fenômeno percebem coisas distintas e por isso, cada uma pode compreendê-lo de forma diferente. Em relação ao processo de ensino-aprendizagem, este corolário alerta-nos para o fato de que cada aluno constrói a seu modo, a sua réplica, ainda que todos estejam observando o mesmo evento (BASTOS, 1998).

c) Corolário da experiência

“O sistema de construção de uma pessoa varia quando ela sucessivamente constrói a réplica de eventos” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.3).

Esse corolário expressa a idéia de Kelly sobre aprendizagem, a qual é resultado das tentativas dessa pessoa de lidar com eventos, com suas experiências. Sendo que, essa experiência “... não é um simples encontro com um evento, mas um ciclo contendo cinco fases: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.4).

O ciclo da experiência kellyana se inicia com a fase da antecipação, quando a pessoa utiliza os construtos do seu sistema de construção para tentar antecipar eventos. Na fase seguinte, dependendo da capacidade do indivíduo de construir a réplica do evento, ele vai investir, buscando informações, procurando se preparar para a fase do encontro com o evento. Através do encontro propriamente dito checa as suas teorias pessoais. O que o conduz à confirmação ou desconfirmação das mesmas, passando assim, para a etapa da revisão dos pontos que criaram problemas. Essas revisões é que permitem as construções de novas relações no sistema de construto (BASTOS, 1998).

A teoria kellyana enfatiza a forma pessoal que cada indivíduo tem de construir a sua interpretação do mundo real, a fim de prever e controlar os eventos. Assim, ela considera que cada pessoa é responsável pelas mudanças no seu sistema cognitivo.

Para Kelly (1963), o conhecimento é construído pessoalmente através de experiências que o indivíduo vivencia. Dessa forma, por mais que o professor tente influenciar, a decisão de mudar cabe somente ao aluno.

Nesse aspecto, é preciso que o aluno seja um sujeito ativo, pois para desenvolver competências é preciso que o aprendiz tenha capacidade de mobilizar os seus recursos cognitivos ao lidar com uma determinada situação (PERRENOUD, 1999). Para isso, tentamos criar situações que permitissem que o aluno, vivenciando as cinco fases do ciclo da experiência kellyana (CEK), desenvolvesse as competências citadas nos objetivos específicos e que estão ligadas ao conceito de calor.

## **2.5 O calor**

O calor que provém do sol, das reações químicas, do atrito e de outras fontes, é uma energia muito presente em nossas vidas. Além da sensação de quente ou frio que nos causa, ele é utilizado, pelo homem de diversas formas. Sendo usado para secar roupas e cozinhar e em outras várias atividades. Na indústria, ele é empregado para separar os metais e também para produzir tecido, vidro, entre outros produtos. Nos transportes, o calor produzido na queima de combustíveis em motores, movimenta automóveis, navios e aviões. Nas usinas termoeletricas e nucleares, o calor faz girar turbinas que movimentam geradores para produzir eletricidade.

Segundo Figueiredo e Pietrocola (2000), na antiguidade os gregos propunham que calor era algum tipo de fluido ou vibração presente nos corpos. Até o início de século XIX, acreditava-se que o calor era uma espécie de substância material chamada calórico. Pensava-se que um corpo a uma temperatura mais alta possuía mais calórico do que outro a temperatura mais baixa. Dessa forma, ao se colocar os dois corpos em contato, o corpo abundante em calórico cedia parte dessa substância para outro, até que ambos ficassem a mesma temperatura (RESNICK e HALLIDAY, 1980).

Essa teoria conseguia descrever vários fenômenos térmicos. Achava-se, por exemplo, que os metais quando aquecidos se dilatavam porque ganhavam algum tipo de matéria. No entanto, a teoria do calórico não explicava alguns fatos experimentais.

No final do século XVIII, Benjamin Thompson, conhecido como o conde de Rumford, obteve um importante argumento contra a hipótese do calor como substância. Rumford observava o aquecimento na produção de canhões e concluiu que toda vez que se perfurava um bloco de ferro para fazer a boca do canhão, havia um brutal aumento de temperatura, apesar de não haver nenhum corpo quente em contato com o bloco que lhe pudesse estar transferindo calor (FIGUEIREDO e PIETROCOLA, 2000).

Contudo, a idéia do conde de que o trabalho mecânico realizado no processo de perfuração era responsável pela criação do calor, foi rejeitada por muitos cientistas. Somente muitos anos depois, em meados do século XIX é que vários pensadores, baseados no princípio de conservação, retomam a idéia de que o calor tinha uma conotação mecânica. O fisiologista Hermann von Helmholtz foi o primeiro a instituir a noção: “... de que não só o calor e a energia mecânica, mas todas as formas de energia são equivalentes, e que uma delas não pode desaparecer sem que a mesma quantidade apareça sobe alguma outra forma” (RESNICK e HALLIDAY, 1980, p.186).

Em 1850, o industrial James Joule, prova à idéia de Helmholtz, ao estabelecer a equivalência entre o trabalho mecânico e o calor. Experimentalmente, ele provou que numa conversão de energia mecânica em calor, a mesma quantidade de energia mecânica correspondia, sempre, a mesma quantidade de calor (RESNICK e HALLIDAY, 1980).

Desse modo, se uniu à antiga teoria dos calóricos a nova idéia de energia térmica. “Por isso, na Física, o calor é definido como uma das formas de transferência de energia entre sistemas<sup>2</sup> de diferentes temperaturas” (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, 1996, p.34).

As trocas de calor ocorrem do sistema de maior temperatura para o de menor temperatura. Logo, quando os sistemas estão na mesma temperatura, eles não trocam calor e dizemos, então, que eles estão em equilíbrio térmico (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, 1996).

Um conceito de temperatura, que concorda com a nossa idéia diária de que esta grandeza mede o estado de aquecimento ou frieza de um sistema, é aquele que a define como “... uma

---

<sup>2</sup> Ao analisarmos uma situação física, usualmente focalizamos nossa atenção em uma porção de matéria que separamos, mentalmente do meio externo a ele. Uma tal porção denomina-se sistema (RESNICK e HALLIDAY, 1980, p.165).

propriedade de todos os sistemas termodinâmicos (em estado de equilíbrio), tal que a igualdade de temperatura é uma condição necessária e suficiente para o equilíbrio térmico” (RESNICK e HALLIDAY, 1980, p.167).

Para entendermos como ocorrem às trocas de calor dos sistemas é necessário usar um modelo que represente a constituição dos materiais e mudanças que ocorrem no interior dos mesmos durante os processos térmicos. O modelo cinético-molecular da matéria está baseado em três pressupostos: “(a) todas as substâncias são constituídas de moléculas que representam a menor parte da matéria capaz de conservar as mesmas propriedades químicas; b) tais moléculas estão em contínuo movimento caótico e desordenado; c) a curta distância as moléculas interagem entre si” (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, 1996, p.54).

Quando as substâncias encontram-se no estado gasoso, à distância entre as suas moléculas é muito grande se comparadas às dimensões moleculares. Devido a essas distâncias a interação entre as moléculas do gás é em média desprezível, e por isso, os gases não possuem nem volume e nem forma. O movimento desordenado das moléculas do gás depende, exclusivamente, da sua temperatura. Quanto maior a temperatura do gás, mais intenso é o movimento de suas moléculas e maior é a energia cinética de cada uma delas. Conseqüentemente, o aumento ou a diminuição na velocidade das moléculas é proporcional à elevação ou à redução de temperatura (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, 1996).

As moléculas de uma substância no estado líquido estão mais próximas umas das outras, e por isso a interação entre elas é relevante; visto que, por elas percorrem um caminho mais curto até se chocarem, o intercâmbio entre as energias cinética e potencial é constante. No estado sólido, as moléculas encontram-se ainda mais próximas e a interação entre elas é intensa e permanente. As moléculas das substâncias no estado sólido não são fixas, mas se organizam formando uma estrutura chamada de rede cristalina. Organizadas assim, as moléculas não ficam paradas, mas oscilam, de uma forma mais ou menos intensa, dependendo da temperatura do material (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, 1996).

“Chama-se *condução de calor* a transferência de energia entre as partes adjacentes de um corpo, em conseqüência da diferença entre suas temperaturas” (RESNICK e HALLIDAY, 1980, p.190). Esse processo de troca de calor está relacionado à interação entre as moléculas

da substância, a qual no estado sólido é melhor condutora de calor do que quando se encontra no estado líquido ou gasoso.

A propagação de calor nos fluidos quase não ocorre por condução. Nesse caso, as trocas de calor ocorrem por meio do movimento de moléculas que sobem quando aquecidas e descem quando resfriadas. A esse processo térmico dar-se o nome de convecção. Existe, ainda, a irradiação, que é uma forma de transmissão de calor que independe do meio material para se propagar. As irradiações são ondas eletromagnéticas que “... fazem vibrar as cargas constituintes de todos os materiais, e essa vibração (energia cinética) se incorpora à energia térmica do material irradiado” (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, 1996, p.65).

Algumas substâncias podem ser mais facilmente aquecidas ou resfriadas que outras. Isto se deve a uma propriedade denominada de calor específico, o qual pode ser definido “... como a quantidade de calor necessária para que cada grama de substância varie sua temperatura de 1°C” (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, 1996, p.57).

Não existem duas substâncias com o mesmo calor específico. Portanto, as diferentes substâncias precisam de quantidades diferentes de calor, para chegarem à mesma temperatura. A água tem um calor específico altíssimo (1 cal/g°C) e por isso, ela é usada como padrão, de maneira que, uma caloria é definida como “... a quantidade de calor necessária para alterar de 1°C a temperatura de 1g de água líquida” (*ibidem*). Devido ao seu alto calor específico, a água precisa de uma grande quantidade de calor para variar a sua temperatura. Dessa forma, ela custa tanto a esquentar como a esfriar.

Conhecer os fenômenos que envolvem o calor, trocas de calor e de transformações de energia térmica e mecânica, nos permite entender a formação dos ventos, o aquecimento do clima, o funcionamento da geladeira e de outras máquinas térmicas, possibilitado, dessa forma, uma compreensão melhor do mundo em que vivemos.

### 3. METODOLOGIA

Durante a realização deste trabalho julgamos importante compreender as idéias dos educandos pesquisados, por isso optamos por uma abordagem qualitativa. Segundo Oliveira (2003):

As abordagens qualitativas facilitam descrever a complexidade dos problemas e hipóteses, bem como analisar a interação entre variáveis, compreender e classificar determinados processos sociais, oferecer contribuições no processo das mudanças, criação ou formação de opiniões de determinados grupos e interpretação das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos (p. 58).

Dessa forma, a abordagem qualitativa nos permitiu investigar a utilização, pelos alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola pública, de alguns textos de “Leituras de Física”, que trabalham o conceito de calor.

Como estratégia de pesquisa, escolhemos o método de estudo de caso, que nos permitiu explorar e explicar a complexa dinâmica de uma sala de aula. (LAVILLE, 1999).

Esta pesquisa foi conduzida com uma turma da segunda série do ensino médio de uma escola pública estadual da cidade do Recife, composta por 35 alunos. Desses, apenas 21 foram considerados, por participarem de todas as etapas da pesquisa.

O fator que determinou a escolha dessa escola foi que seus estudantes, além de não receberem livros didáticos para a disciplina de Física, também não dispunham de tais livros na biblioteca desse estabelecimento. Dessa forma, os textos de “Leituras de Física”, utilizados nesta pesquisa, foram a principal fonte de consulta dos estudantes pesquisados.

Como a abordagem por competências exige do aluno um investimento mental e a sua presença física, é necessário convencê-lo a trabalhar nessa nova perspectiva. Por isso, inicialmente tomamos as seguintes atitudes:

-explicamos aos estudantes que o objetivo de um projeto de pesquisa como este é procurar melhorar o ensino de Física;

-negociamos com os aprendizes um contrato didático, o qual é resultado do acordo entre o professor e os alunos, que estabelece as regras a serem seguidas por todos os envolvidos durante as aulas (BASTOS, 1996).

Num momento posterior, aplicamos um questionário (ver apêndice A), com seis questões abertas. A primeira pergunta tinha a finalidade de diagnosticar as concepções dos alunos sobre o conceito de calor. A segunda tinha por objetivo confirmar se os aprendizes compreendiam que o calor se propaga, espontaneamente, de um sistema de temperatura mais elevada para outro de temperatura menos elevada. As terceira e quarta questões pretendiam identificar se os alunos sabiam utilizar a tabela de coeficientes de condutividade térmica e apresentavam a noção de materiais bons e maus condutores de calor. A quinta questão tinha a intenção de verificar se os educandos conheciam os processos de propagação de calor. Finalmente, a sexta pergunta tinha a pretensão de averiguar se os estudantes eram capazes de utilizar a tabela da energia fornecida pelos alimentos. A opção por esse tipo de questionário (pré-teste) se deu por ser essa a forma mais simples e rápida de os alunos exporem as suas idéias, sem que houvesse interferência externa.

Esta pesquisa abordou os dois temas “Medidas e controle de temperatura” e “Fontes e trocas de calor” e suas respectivas leituras: “Calor, Presença Universal”; “Esquentando os motores e preparando a rota”; “Medidas de temperatura”; “Controle de temperatura”; “Calculando a dilatação”; ligadas ao primeiro tema e “Sol: a fonte da vida”; “O sol e os combustíveis”; “Calor e conforto”; “Transportando o calor”, “Aquecimento e clima”; “Aquecimento e técnica”; “Calculando a energia térmica”; ligadas ao segundo.

Realizamos, nesta pesquisa, quatro intervenções, organizadas da seguinte maneira:

- Primeira: em duas aulas geminadas, aplicamos o pré-teste, para identificar as concepções prévias e os obstáculos epistemológicos dos alunos a respeito do conceito de calor, assim como para verificar se eles eram capazes de utilizar as tabelas de energia fornecida pelos alimentos, de coeficientes de condutividade térmica. Nas doze aulas restantes, trabalhamos os conceitos de calor, temperatura e dilatação, utilizando os cinco textos que compõem o tema “Medidas e controle de temperatura” em atividades que promoviam suas leituras;

- Segunda intervenção: em duas aulas de cinquenta minutos cada, utilizamos o texto “Sol: a fonte da vida” para que os alunos baseados nele respondessem a algumas questões e, assim, trabalhassem o conceito de caloria e desenvolvessem a competência de utilizar e compreender a tabela de energia fornecida pelos alimentos;
- Terceira intervenção: os alunos leram “O Sol e os combustíveis” e, baseados nesse texto, elaboraram e responderam perguntas, realizando um investimento nos conceitos de calor, fontes de calor, temperatura, equilíbrio térmico e caloria. Por fim, foi pedido aos aprendizes que expressassem com suas palavras o que eles tinham entendido de cada um desses conceitos. Todas essas atividades, que tiveram a duração de seis aulas, cada uma com cinquenta minutos, tinham por objetivo principal desenvolver a capacidade do aluno de compreender o calor como uma forma de energia que está sempre em trânsito.
- Quarta intervenção: foram realizadas atividades de leitura do texto “Calor e conforto”, executadas experiências e elaborado um relatório, em seis aulas de cinquenta minutos cada. Elas tinham por finalidade desenvolver, nos estudantes, as competências de reconhecer os diferentes processos de propagação de calor em situações práticas do cotidiano e de identificar, em função da sua utilização no mundo vivencial, os materiais bons e maus condutores térmicos.

Finalmente, em duas aulas geminadas, aplicamos novamente o mesmo questionário inicial, agora utilizado como pós-teste, e comparamos com as respostas do pré-teste, para verificar se os alunos desenvolveram as competências esperadas.

Assim, todo o processo da pesquisa de campo teve a duração de dez semanas, posto que a carga horária de física é composta por três aulas (de cinquenta minutos cada) por semana. Esse tempo não foi suficiente para que trabalhássemos todos os textos, pois não pudemos explorar devidamente as cinco últimas leituras do segundo tema “Fontes e trocas de calor”.

### **3.1 Procedimentos metodológicos**

Na primeira intervenção, trabalhamos com os cinco textos discriminados anteriormente. Esses textos procuram mostrar aos aprendizes:

- A importância de se estudar o calor, pois ele está presente em tudo no universo;

- Como o material organiza os conteúdos a serem trabalhados durante o curso;
- Como se mede e controla a temperatura (em dois textos);
- Como se calcula a dilatação.

Desse modo, a primeira intervenção foi realizada não só com o objetivo de tentar estimular o aluno a aprender sobre calor, como também, preparar esse aprendiz para a abordagem do tema seguinte: “Fontes e trocas de calor”.

Essa primeira intervenção ocupou o espaço de quatorze aulas de cinquenta minutos cada, sendo que, por semana, a carga horária se dividia em duas aulas geminadas na segunda-feira e uma aula na quinta-feira.

Nas duas primeiras aulas, que ocorreram numa segunda-feira, os alunos responderam às questões do pré-teste. Não houve a aula da quinta-feira, pois como não havia professor para aula de química, que, na carga horária do dia, antecedia a disciplina de física, os alunos não quiseram esperar e foram embora.

Em seqüência, nas duas primeiras aulas, que ocorreram numa segunda-feira foi pedido aos alunos que em silêncio lessem o texto “Calor, Presença Universal”. Depois, lemos todos em voz alta, discutindo os parágrafos para verificar se os alunos estavam compreendendo o que liam. Em seguida, foi solicitado aos estudantes que fizessem uma lista de pelo menos vinte “coisas” ou situações, explicando uma possível relação com calor ou temperatura. Dessa forma, os alunos desenvolviam uma idéia geral sobre os conteúdos a serem trabalhados.

Na aula seguinte, que ocorreu numa quinta-feira, foi solicitado aos alunos que, depois de lerem “Esquentando os motores e preparando a rota”, tentassem classificar as “coisas” das suas listas, de acordo com os temas propostos pelo material: Medida e controle de temperatura, Fontes e trocas de calor, Transformações térmicas e Máquinas térmicas.

Assim, estamos aplicando a fase de antecipação do ciclo da experiência kellyana, pois na medida em que o aluno fazia a classificação ele já começava a perceber que algumas coisas que ele já conhecia tinham ligação com o saber científico que ele ia estudar.

Para que os alunos vivenciassem a fase do investimento, etapa do ciclo kellyano em que eles vão em busca de informação para se preparar para o encontro, utilizamos os três textos restantes. Foi assim que na semana seguinte, ocupamos uma das aulas geminadas da segunda-feira com a leitura e discussão do texto: “Medidas de temperatura”, no qual encontramos alguns termos, que serão apresentados nos resultados, que os estudantes demonstraram desconhecer no pré-teste. No segundo momento desse dia, ministramos uma aula expositiva demonstrando como as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin se relacionam.

Nessa mesma semana, aproveitamos o espaço da aula de quinta-feira para que os alunos tentassem resolver os exercícios da página doze do texto “Medidas de temperatura”. O registro dessa resolução foi analisado para determinar possíveis modificações na estrutura cognitiva dos alunos, devidas à fase do investimento.

Na terceira semana, utilizamos as aulas geminadas da segunda-feira para que os alunos continuassem as suas buscas por informações (fase do investimento). Dessa forma, os alunos foram divididos em grupos, que eram compostos por, no máximo, cinco componentes. Baseado nas informações contidas no texto “Controle de temperatura”, cada grupo foi convidado a elaborar uma propaganda, que além de explicar o funcionamento dos dispositivos, tinha que convencer o consumidor a usá-los. Para a aula da quinta-feira dessa mesma semana foi solicitado aos alunos que respondessem em dupla a seguintes perguntas:

- 1) O que é radiação térmica?
- 2) O que é espectro de radiação?
- 3) Que cores delimitam a região das radiações visíveis?
- 4) É possível ver a radiação térmica? (Justifique).
- 5) Explique para que serve e como funciona: a) o pirômetro óptico, b) o termostato bimetálico, c) o termostato a gás.

Como essas questões não se referiam diretamente ao conceito de calor, esse instrumento não foi analisado.

Para a quarta semana, nas aulas da segunda-feira, foi pedido aos alunos que lessem o texto “Calculando a dilatação” e, em seguida respondessem em dupla ou individualmente as questões propostas nesse texto na página dezenove. Por fim, na aula de quinta-feira, essas

mesmas questões foram discutidas sobre orientação do professor. Novamente, não consideramos esse material em nossa análise. Neste caso, os conceitos trabalhados durante as leituras foram trabalhados no grande grupo, com a mediação do professor.

Assim, com relação à construção do conceito de calor, a primeira intervenção contemplou as etapas de antecipação e investimento. Para a primeira, que começou com a aplicação do pré-teste, utilizamos em nossa análise (ver capítulo 4, p.33) apenas este instrumento. Para a segunda, utilizamos na análise apenas o instrumento que se referia mais diretamente ao conceito de calor (ver capítulo 4, p. 50).

A segunda intervenção, que ocorreu vinte quatro dias após o término da primeira, tinha duas finalidades: colocar o aluno em contato com a tabela de energia fornecida pelos alimentos e desenvolver no estudante a compreensão de como se obtém essa quantidade de energia contida em cada alimento. Para isso, foram utilizadas duas aulas geminadas de cinquenta minutos cada, durante as quais foi pedido aos alunos que, após lerem “Sol: a fonte da vida”, respondessem as questões:

- Qual a energia que os vegetais utilizam para produzir os alimentos?
- Segundo o texto a energia necessária as nossas atividades provém dos alimentos. Explique como o organismo humano obtém essa energia.
- Explique como se pode medir a quantidade de energia contida nos alimentos.
- O que é caloria?

Dessa maneira, o investimento feito pelos alunos durante a leitura desse texto pode ser avaliado através da análise de suas respostas a essas questões (ver capítulo 4, p.60).

Utilizamos, então, as três intervenções que se seguiram de maneira que os aprendizes vivenciassem tanto a fase do encontro com o evento como a fase da confirmação ou desconfirmação.

Na semana seguinte, realizamos a terceira intervenção, cujo objetivo era trabalhar os conceitos de: calor, fontes de calor, temperatura, equilíbrio térmico e sistema. Para tanto, essa intervenção ocupou seis aulas de cinquenta minutos cada. Para as duas primeiras, que ocorreram num dia de segunda-feira, foi pedido aos alunos que se dividissem em grupo de

cinco pessoas e que, após lerem “O Sol e os combustíveis”, elaborassem cinco perguntas baseadas no texto. A intenção foi fazer um levantamento dos assuntos do texto, que mais despertaram o interesse do aluno.

Na quinta-feira seguinte, aconteceu a terceira aula, quando os alunos responderam aos exercícios desse texto. Na segunda-feira seguinte, foi solicitado aos aprendizes que voltassem à mesma formação do grupo de cinco pessoas e foram trocados os questionários que eles tinham elaborado, para que uma equipe respondesse às questões da outra. Em seguida, os questionários voltaram aos seus grupos de origem, a fim de que eles corrigissem as respostas. Após tudo isso, foi aberto um espaço para os grupos que não estivessem de acordo contestasse as correções. Assim, os alunos puderam testar suas teorias pessoais (fase do encontro), confirmando-as ou não. Como as perguntas elaboradas pelos alunos não trataram dos conceitos esperados, na quinta-feira que se seguiu, foi pedido aos alunos escrevessem, com suas palavras, o que ele entendia por: calor, sistema, fonte de calor, combustão, equilíbrio térmico, temperatura e caloria (fase do encontro com o evento). Após solicitar que um dos alunos lesse a sua resposta sobre um dos conceitos, o professor mediava uma discussão com a turma, o que permitia que o aluno confirmasse ou desconfirmasse a sua teoria.

O registro das concepções dos alunos sobre esses conceitos foi analisado (ver capítulo 4, p. 68) para verificar a influência desse encontro sobre o processo de construção dos alunos.

A quarta intervenção ocorreu dez dias após o término da terceira, pois os alunos foram liberados das aulas para que participassem dos jogos interclasses. Foi realizada com a intenção de desenvolver duas capacidades: reconhecer os diferentes processos de propagação de calor em situações práticas do cotidiano e identificar, em função da sua utilização no mundo vivencial, os materiais bons e maus condutores térmicos. Para tanto, utilizamos seis aulas de cinquenta minutos cada. Durante as duas aulas da segunda-feira, foi pedido aos alunos que lessem em silêncio “Calor e conforto”. Depois, esse texto foi lido em voz alta e discutido com a turma. Como os aprendizes no pré-teste demonstraram não conhecer o assunto, achamos que essa leitura era uma boa maneira de apresentá-los a esses processos, proporcionando, também, a aquisição de informações relevantes para o encontro (fase do investimento).

Na semana seguinte, mais duas aulas geminadas foram utilizadas para a realização da fase do encontro, na qual executamos as seguintes experiências, na cozinha da escola:

- Numa barra de alumínio, a cinco centímetros de uma das extremidades, foi colocado um pingo de vela, através do qual se fixou uma tachinha. Esta operação foi repetida a cada três centímetros, até a última tachinha, a dez centímetros da outra extremidade. Nesta extremidade enrolou-se um pano, que permitiu segurar a barra com as tachinhas voltadas para baixo. Aproximou-se a outra extremidade de uma chama e, mantendo-a nessa posição, observou-se o que ocorria (primeira experiência).
- Depois de colocarmos confetes numa panela de vidro com água, levamo-la ao fogo para que a água entrasse em ebulição e os alunos observassem as correntes de convecção (segunda experiência).
- Numa forma retangular de alumínio, foram fixadas, com auxílio de massa de modelar, uma colher de madeira, uma de metal e outra de plástico. No cabo de cada colher, que ficava fora da forma, foi colocado um pouco de manteiga. Depois de derramada água quente na forma, esperou-se para ver em qual das colheres a manteiga derreteria primeiro e assim poder constatar qual desses materiais é melhor condutor de calor (terceira experiência).

Novamente, não houve aula na quinta-feira. Na segunda-feira que se seguiu, ocupando o espaço das duas aulas, foi solicitado aos alunos que, baseados no texto “Calor e conforto”, elaborassem um relatório sobre as experiências, e, no qual fariam uma reflexão, a fim de confirmar ou desconfirmar as suas teorias.

Esse instrumento foi utilizado para analisar a influência da fase de confirmação/desconfirmação sobre as concepções dos alunos (ver capítulo 4, p. 76).

Seis dias após a essa última aula aplicou-se o pós-teste. Foi nesse momento que os alunos vivenciaram a etapa da revisão construtiva, pois, ao tentarem, novamente, responderem às mesmas questões do pré-teste, eles puderam refletir sobre os pontos que lhes criaram problema, baseados nas discussões realizadas nas quatro intervenções.

Relacionamos cada intervenção ao ciclo da experiência kellyana da seguinte maneira:

- Fase de antecipação: pré-teste.
- Fase de investimento: a primeira e a segunda intervenção.
- Fase de encontro: terceira intervenção.
- Fase de confirmação/ desconfirmação: quarta intervenção.
- Fase de revisão construtiva: pós-teste.

Dessa forma, análise de cada fase do ciclo estava relacionada com os instrumentos conforme podemos observar o esquema abaixo:

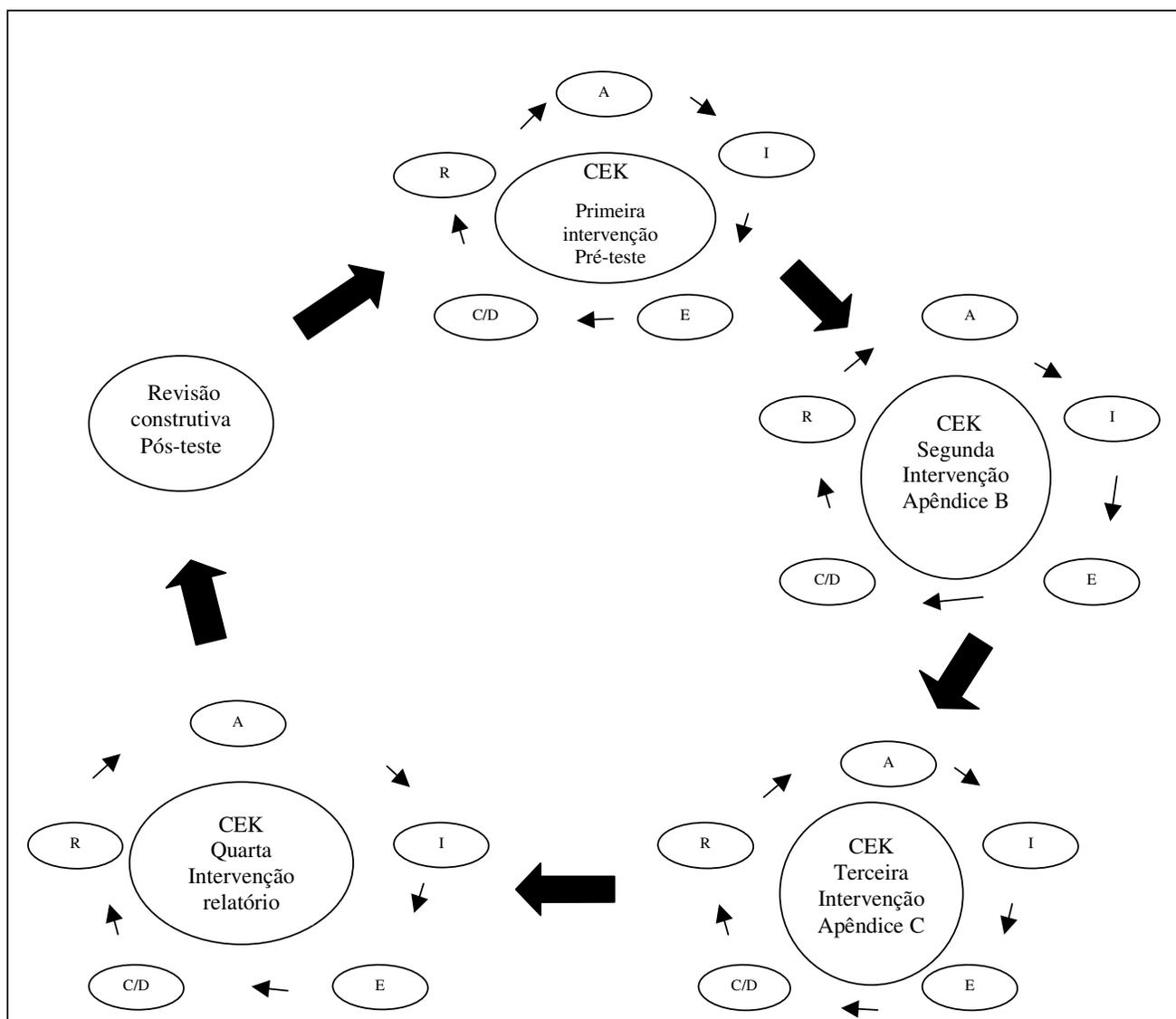


Figura 1 - Os ciclos da experiência kellyana em cada uma das quatro intervenções  
Com os resultados obtidos antes, durante e depois das intervenções pudemos fazer as comparações entre esses três momentos

## 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo iremos apresentar a análise dos principais instrumentos utilizados para coletar dados durante a pesquisa. Não analisaremos todos, porque foram muitos e seus resultados nem sempre foram relevantes. Desse modo, resolvemos apresentar os seguintes instrumentos:

- O pré-teste que foi aplicado para identificar as idéias prévias e os obstáculos epistemológicos dos alunos.
- Os exercícios da página doze do texto “Medidas de temperatura”, que foram utilizados com a finalidade de indicar os níveis de aproveitamento das informações contidas no mesmo, na fase de investimento;
- O questionário do apêndice B, também, utilizado para classificar, os níveis de aproveitamento das informações do texto “Sol: a fonte da vida” como recurso de leitura, em um outro momento da fase de investimento;
- Os questionários do apêndice C para diagnosticar as concepções dos alunos após a fase de encontro;
- Os relatórios que os estudantes fizeram sobre as experiências realizadas na quarta intervenção, com a finalidade de identificar as concepções dos estudantes após a fase de confirmação/ desconfirmação;
- O pós-teste, que ao respondê-lo os alunos estariam ou não fazendo as revisões construtivas de suas teorias, e os seus dados averiguariam a evolução ou não das concepções dos alunos.

Partimos agora para uma avaliação mais detalhada de cada um desses instrumentos.

### 4.1 Análise dos dados do pré-teste

É importante esclarecer que os alunos, quando responderam ao pré-teste, não tinham estudado os assuntos que estão relacionados ao conceito de calor.

O pré-teste aplicado teve os seguintes objetivos:

- Identificar que concepções os alunos tinham sobre o conceito de calor e também sobre os processos de propagação dessa energia;

- Verificar se os estudantes além de reconhecerem os materiais bons e maus condutores térmicos, também sabem utilizar as tabelas da energia fornecida pelos alimentos e dos coeficientes de condutividade térmica;
- Identificar que obstáculos epistemológicos os alunos manifestam em suas respostas.

Dessa forma, examinando o resultado do pré-teste partimos para a categorização das respostas obtidas. Esta categorização foi realizada não só quanto aos conhecimentos prévios dos aprendizes sobre o calor e os seus processos de propagação, mas também quanto às suas habilidades e competências em saber utilizar as tabelas da energia fornecida pelos alimentos e dos coeficientes de condutividade térmica. Assim, apresentamos a seguir esses resultados.

Tabela 1-Resultados da primeira questão do pré-teste: Por que quando se passa álcool na pele,

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de Alunos	%
O álcool possui uma substância que resfria a pele	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>13</sub>	04	19,0
O álcool está agindo matando germes e bactérias	A <sub>6</sub> ,A <sub>11</sub> ,A <sub>16</sub>	03	14,2
O álcool em contato com a pele evapora	A <sub>5</sub>	01	4,8
O álcool altera a temperatura do corpo	A <sub>8</sub> , A <sub>21</sub>	02	9,5
O álcool penetra na pele muito rápido	A <sub>9</sub>	01	4,8
O álcool alivia a dor	A <sub>10</sub> , A <sub>17</sub>	02	9,5
O álcool tem uma substância que queima	A <sub>12</sub>	01	4,8
O álcool esfria por causa do oxigênio	A <sub>14</sub>	01	4,8
O álcool esfria porque diminui o movimento dos átomos	A <sub>19</sub>	01	4,8
Outros	A <sub>3</sub> ,A <sub>7</sub> ,A <sub>15</sub> ,A <sub>18</sub> ,A <sub>20</sub>	05	23,8
TOTAL		21	100,0

sente-se que ela esfria naquele local?

Podemos observar nas respostas dadas pelos alunos A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>13</sub> que os mesmos procuram ligar os elementos descritivos do fenômeno a uma substância que esfria ou queima a pele ao tocá-la, como podemos ver no exemplo abaixo:

*“Porque o álcool tem uma substância que queima” (Aluno A<sub>12</sub>).*

Logo, quando cerca de 23,8% dos alunos atribuem a este fenômeno um caráter substancial, sem ao menos refletir ou questionar - por que o álcool apesar de provocar a sensação de frio queima a pele? - percebe-se que falta a esses estudantes a reflexão teórica que os obrigaria a criticar suas afirmações. Tais concepções também nos revelam a presença de um obstáculo substancialista (BACHELARD, 1996) à compreensão do conceito de calor como uma das formas de transferência de energia entre sistemas de diferentes temperaturas.

Por outro lado, os alunos A<sub>6</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>21</sub>, que compõem um percentual de 33,3% da turma, relacionaram a sensação de frio que o álcool provoca na pele aos fenômenos biológicos, como podemos constatar pelo exemplo abaixo:

*“Porque está agindo matando germes e bactérias”* (Aluno A<sub>6</sub>).

Dessa forma, o fenômeno físico descrito na primeira pergunta, pode não só ser interpretado pelos alunos como ausência de vida (morte de germes e bactérias), como também pelo fato de o corpo humano ser utilizado como dispositivo que detecta a alteração da temperatura.

Assim, por essas respostas, verificamos a manifestação do obstáculo animista, visto que os alunos se basearam em fenômenos biológicos para explicar a sensação de frio que o álcool provoca.

Há ainda dois alunos (A<sub>5</sub> e A<sub>9</sub>) que usam as suas observações de que o álcool desaparece (evapora ou penetra) em contato com a pele, como explicação da sensação de frio:

*“Porque o álcool penetra na pele muito rápido e com isso esfria o ambiente naquele lugar”* (Aluno A<sub>9</sub>).

Neste caso, nota-se a existência do obstáculo da experiência primeira, pois ao recorrer ao senso comum para justificar as suas respostas os alunos satisfazem as suas curiosidades, não havendo necessidade de buscar outras questões, visto que a imagem por si só já explica o fenômeno.

Vimos também que as respostas de 23,8 % dos alunos não puderam ser enquadradas nas categorias da tabela 1, como se pode perceber no exemplo a seguir:

*“Por causa do resfriamento que dá na pele, por causa da porção de álcool que há no recipiente” (Aluno A<sub>7</sub>).*

Tabela 2- Resultados da segunda questão do pré-teste: Sua mão, mantida próxima a um bloco de gelo, sente frio. O gelo irradia frio?

RESPOSTAS	CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
SIM	O gelo libera um gás que esfria a pele	A <sub>11</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub>	03	14,29
	Como o gelo está sólido, o ar em volta dele está frio	A <sub>9</sub>	01	4,76
	As moléculas da água estão agitadas...	A <sub>19</sub>	01	4,76
	A temperatura próxima ao gelo abaixa e perto desta se sente frio	A <sub>8</sub>	01	4,76
	Porque a mão fica fria	A <sub>7</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub>	04	19,05
	Porque a mão em contato com o gelo se queima	A <sub>13</sub>	01	4,76
	O nosso corpo está sempre na temperatura normal e quando toca o gelo acontece a irradiação	A <sub>21</sub>	01	4,76
	O gelo está sempre abaixo de zero graus.	A <sub>6</sub> , A <sub>14</sub>	02	9,53
	A mão adormece quando botamos uma pedra de gelo...	A <sub>1</sub>	01	4,76
	Em branco	A <sub>5</sub>	01	4,76
	NÃO	O gelo queima a mão	A <sub>2</sub>	01
Ao tocar o gelo por um certo tempo, sinto frio		A <sub>18</sub>	01	4,76
OUTROS		A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub>	02	9,53
EM BRANCO		A <sub>16</sub>	01	4,76
TOTAL			21	100,00

Pela tabela 2 observamos que uma grande porcentagem de alunos (76,19%) acredita que o gelo irradia frio. Desses, os alunos A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>21</sub>, os quais representam 42,86% do total das respostas, basearam-se nas sensações percebidas pelo corpo humano nas suas explicações:

*“Sim, porque a mão fica fria” (Aluno A<sub>7</sub>).*

*“Sim porque a temperatura abaixa em um raio pequeno e se chegar perto desta distância e deixa um pouco vai sentir frio” (Aluno A<sub>8</sub>).*

*“Sim, e se deixar à mão em cima do bloco de gelo por muito tempo vai queimando por dentro como se fosse um anestésico e o gelo derrete” (Aluno A<sub>13</sub>).*

*“Sim porque o nosso corpo está sempre com a temperatura normal aí quando o gelo tocar os nossos dedos (-0°), aí acontece a irradiação do frio não só na mão, e sim também no nosso corpo” (Aluno A<sub>21</sub>).*

Examinando essas respostas identificamos a presença do obstáculo animista, posto que os estudantes utilizaram o corpo humano como instrumento de detecção do fenômeno.

Existem, ainda, os alunos A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>20</sub> (19,05%) que recorrem a uma “fumacinha” que o gelo libera ou ao estado sólido em que este se encontra para explicar porque eles acham que o gelo irradia frio:

*“Sim, porque como gelo está solidificado e a mão é quente, e o ar em volta está frio” (Aluno A<sub>9</sub>).*

*“Sim, o gelo irradia frio por causa da temperatura em que ele está é a fumaça (que é o gás) que sai dele tem contato com a pele fazendo ela ficar fria” (Aluno A<sub>11</sub>).*

Assim como também o aluno A<sub>19</sub> vai buscar na constituição da substância a sua explicação:

*“As moléculas de água estão agitadas fazendo com que nossa pele sentisse frio”.*

Essas respostas deixam transparecer o obstáculo substancialista, pois os alunos valem-se dos estados físicos das substâncias, ou das próprias substâncias, para justificar o fenômeno.

Entre os alunos que responderam sim, apenas 19,05% (A<sub>1</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>20</sub>) relacionaram a temperatura abaixo de zero com a irradiação do frio pelo gelo:

*“A mão adormece quando botamos uma pedra de gelo é como você estivesse anestesiado” (Aluno A<sub>1</sub>).*

*“Sim, porque o gelo está sempre abaixo de 0°” (Aluno A<sub>6</sub>).*

*“Sim, o bloco de gelo transmite frio. Por causa do grau da geladeira a água irradia frio” (Aluno A<sub>14</sub>).*

Dessa forma, observamos a presença do obstáculo da experiência primeira, já que esses alunos apelam para o seu senso comum para responder à pergunta.

Dois alunos (A<sub>2</sub> e A<sub>18</sub>) declararam que o gelo não irradia frio, como podemos ver pelo exemplo abaixo:

*“Se sua mão for mantida por muito tempo ela não irradia frio, pelo contrário ele queima, o gelo queima a sua mão” (Aluno A<sub>2</sub>).*

Essa resposta revela o obstáculo animista, a mão é o dispositivo que detecta o fenômeno.

Algumas das respostas dadas pelos alunos A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub> não puderam ajustar-se a nenhuma das categorias da tabela 2:

*“Senti frio agente não sente aquele como faz no inverno, mas sente um pouco mais depois fica queimado e ardendo” (Aluno A<sub>3</sub>).*

*“O gelo irradia frio porque o gelo estando em contato ele vai transmitir frio ao gelo” (Aluno A<sub>4</sub>).*

Percebemos por essas respostas que esses alunos não conseguiram expressarem as suas idéias de uma forma clara.

De qualquer forma, seja qual for o tipo de obstáculo (animista, substancialista ou da experiência primeira) que o aluno tenha manifestado, percebe-se, pelas grandes quantidades de respostas positivas encontradas (76,19%) que os aprendizes imaginam que o frio é um elemento oposto e de mesma natureza que o calor.

Tabela 3 – Resultados da terceira questão do pré-teste: As panelas de argila são sempre preferidas para cozinhar e servir alimentos que devem ser consumidos quentes, como moquecas. Elas mantêm a temperatura alta por mais tempo que uma panela de alumínio. Se colocarmos a mesma quantidade de água em duas panelas de mesmas dimensões, uma de argila e outra de alumínio, e as levarmos a chamas idênticas, em qual a água ferverá primeiro? Justifique:

RESPOSTAS	CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
ARGILA	Porque condensa calor mais rápido	A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub>	02	9,5
	Por ser panela de barro	A <sub>1</sub>	01	4,8
ALUMÍNIO	Por ser um material mais fino que a argila	A <sub>4</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub>	05	23,8
	Porque esquenta mais rápido	A <sub>6</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>15</sub>	03	14,2
	O calor específico do alumínio é maior que o do tijolo	A <sub>2</sub> , A <sub>11</sub>	02	9,52
ALUMÍNIO	A panela de barro por conservar a comida quente por mais tempo demora mais a ferver	A <sub>18</sub>	01	4,8
	Porque recebe maior calor que a argila	A <sub>8</sub>	01	4,8
	Porque absorve e solta calor fazendo com que a água se esquite	A <sub>19</sub>	01	4,8
	Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>21</sub> , A <sub>7</sub>	03	14,2
	Em branco	A <sub>5</sub>	01	4,8
ALUMINIO e ARGILA		A <sub>14</sub>	01	4,8
TOTAL			21	100,0

Pela tabela 3 verificamos que três estudantes (A<sub>1</sub>, A<sub>10</sub> e A<sub>12</sub>) acreditam que a água ferverá primeiro na panela de argila:

*“Eu acho que a argila, por ser uma panela de barro...”* (Aluno A<sub>1</sub>).

*“A panela de argila condensa o calor mais rápido”* (Aluno A<sub>10</sub>).

Percebemos por essas respostas a manifestação do obstáculo substancialista, pois esses estudantes se valem da substância ou de uma qualidade da mesma (condensa) para explicar o fenômeno (BACHELARD, 1996).

No entanto, dezessete alunos (A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>) responderam que a água ferve primeiro na panela de alumínio. Dentre esses, sete alunos (A<sub>6</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>18</sub> e A<sub>19</sub>) recorreram aos seus conhecimentos empíricos do dia-a-dia para justificar as respostas:

*“Na de alumínio. Porque na de argila é para manter quente, a de alumínio esquentar rápido”* (Aluno A<sub>6</sub>).

*“Na de alumínio. Porque o alumínio recebe mais calor de que uma panela e argila”* (Aluno A<sub>8</sub>).

*“O alumínio, porque ele absorve e solta calor fazendo com que a água se esquite. Já na panela de argila ela absorve maior quantidade de calor fazendo com que a panela fique por mais tempo”* (Aluno A<sub>19</sub>).

Ainda dentre os dezessete os alunos que afirmam que na panela de alumínio a água ferve primeiro, existem cinco estudantes (A<sub>4</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>20</sub>) que preferiram explicar as suas respostas qualificando o alumínio como um material mais fino que a argila:

*“Porque a panela de alumínio é mais fina e transmite o calor mais rápido”* (Aluno A<sub>4</sub>).

*“Na de alumínio. Porque o alumínio tem uma camada mais fina do que a argila e sua temperatura é menor do que a argila, isso significa que a argila vai demorar, mas para ferver do que o alumínio por conta da temperatura”* (Aluno A<sub>20</sub>).

Essas respostas deixam transparecer o obstáculo substancialista, pois para esses estudantes essa característica de ser fino está intrinsecamente ligada à substância considerada e ela é utilizada para explicar o fenômeno.

É interessante observar que dentre os alunos que responderam ser na panela de alumínio que a água ferve primeiro, apenas os alunos  $A_2$  e  $A_{11}$  utilizaram a tabela de calor específico para justificar a sua resposta, como vemos no exemplo abaixo:

*“Pela tabela eu acho que deve ser o alumínio porque calor específico (pressão constante) (cal/g °C) alumínio 0,21 e o tijolo 0,2 por esse fato eu acho que é o alumínio” (Aluno  $A_2$ ).*

Nesse caso, porém, esses alunos interpretaram o fato de ter um calor específico maior como condição para esquentar mais rápido. Verifica-se, portanto, que eles não conheciam o significado do calor específico, uma vez que um valor maior implicaria em demorar mais para aquecer a substância.

Os alunos  $A_3$ ,  $A_{17}$  e  $A_{21}$  também responderam que na panela de alumínio a água ferve primeiro, porém as suas respostas não apresentaram nenhum significado que pudesse ser enquadrado em nenhuma das categorias, como veremos no exemplo abaixo:

*“A de alumínio porque com a temperatura de coeficiente e pressão constantes são muito altas” (Aluno  $A_3$ ).*

*“Alumínio a água ferverá primeiro porque é um material muito fácil já a panela de argila não porque é feita de barro” (Aluno  $A_{21}$ ).*

Finalmente, somente um aluno ( $A_{14}$ ) afirmou que nas duas panelas a água ferverá ao mesmo tempo:

*“As duas panelas ferverá no mesmo tempo” (Aluno  $A_{14}$ ).*

Ao analisarmos todas essas respostas, percebemos que nenhum aluno valeu-se da tabela dos coeficientes de condutividade térmica nas suas justificativas. Esse resultado confirmou que

esses aprendizes não tinham estudado esse conceito, e por isso não o conhecia, o que implicou em não utilizar esse recurso.

Tabela 4– Resultados da quarta questão do pré-teste: Uma garrafa e uma lata de cerveja permanecem durante certo tempo, no interior de uma geladeira. Esse tempo é suficiente para que ambas estejam à mesma temperatura e em equilíbrio térmico com o interior da geladeira. Entretanto, ao retirarmos os dois recipientes da geladeira temos a impressão de que a lata está mais fria que a garrafa. Como você explica esse fato?

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº DE RESPOSTAS	%
A lata é de alumínio	A <sub>1</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>21</sub>	05	23,81
O alumínio esfria mais rápido	A <sub>6</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>16</sub>	03	14,29
O alumínio tem temperatura mais baixa que a garrafa	A <sub>8</sub> , A <sub>14</sub>	02	9,53
O coeficiente de condutividade do alumínio é maior do que o do vidro	A <sub>2</sub>	01	4,76
Por causa do coeficiente de condutividade e do calor específico do alumínio	A <sub>3</sub>	01	4,76
O alumínio permite que o calor e o frio fiquem mais aparentes	A <sub>17</sub>	01	4,76
Porque a lata tem composição mais leve e mais flexível	A <sub>13</sub>	01	4,76
Porque a lata é de ferro	A <sub>15</sub>	01	4,76
A lata absorve a temperatura fria mais rápido	A <sub>19</sub>	01	4,76
A lata tem maior calor específico que o vidro	A <sub>20</sub>	01	4,76
Alumínio tem tanto facilidade para esquentar quanto para esfriar	A <sub>7</sub>	01	4,76
A lata é mais fina que a garrafa	A <sub>9</sub>	01	4,76
OUTROS	A <sub>4</sub> , A <sub>18</sub>	02	9,53
TOTAL		21	100,00

De acordo com a tabela acima, cinco alunos (23,83%) afirmaram que a lata dava a impressão de estar mais fria porque era de alumínio:

*“A lata fica mais fria porque é de alumínio, é o alumínio no meu modo de ver que tem mais facilidade de congelar do que a garrafa”*  
(Aluno A<sub>1</sub>).

Os alunos A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub> e A<sub>14</sub> apontaram algumas características do alumínio (mais frio, temperatura mais baixa) como responsáveis pela sensação de frio:

*“Porque o alumínio é mais fácil para esquentar quanto para esfriar qualquer recipiente”* (Aluno A<sub>7</sub>).

*“Porque o alumínio tem a temperatura mais baixa de que uma garrafa”* (Aluno A<sub>8</sub>).

*“Porque o alumínio é mais frio do que a garrafa”* (Aluno A<sub>14</sub>).

Da mesma forma, os alunos A<sub>9</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>15</sub> recorrem às qualidades da lata para explicar o fato, como podemos observar nos exemplos abaixo:

*“Porque a garrafa tem uma camada mais grossa e a lata de cerveja tem uma camada mais fina”* (Aluno A<sub>9</sub>).

*“Porque ela é composta por recipientes mais leves, tornando-a mais flexível, vulnerável ao esfriamento”* (Aluno A<sub>13</sub>).

Assim, nas respostas desses seis estudantes (28,56%), conforme o que já foi explicado nas análises das tabelas anteriores, identificamos o obstáculo substancialista.

Essa tabela também mostra que os alunos A<sub>6</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>19</sub>, valem-se das suas observações cotidianas para explicar o ocorrido:

*“Porque o alumínio da lata se torna mais gelado”* (Aluno A<sub>6</sub>).

*“Porque o alumínio esfria mais rápido que o vidro”* (Aluno A<sub>16</sub>).

*”O alumínio permite que tanto o calor quanto o frio fiquem mais aparentes em seus recipientes” (Aluno A<sub>17</sub>).*

*“Acho que a latinha absorve a temperatura fria mais rápido do que a garrafa, ficando com maior temperatura fria”(Aluno A<sub>19</sub>).*

Como esses estudantes recorrem a seus conhecimentos do dia-a-dia para explicar o fenômeno, constatamos a presença do obstáculo da experiência primeira.

Três alunos (A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>20</sub>) utilizaram o calor específico e/ou o coeficiente de condutividade térmica para explicar o evento, como pode ser observado pelas suas falas:

*“Alumínio, porque  $49,00 \times 10^{-3}$  e o vidro  $0,25 \times 10^{-3}$ ” (Aluno A<sub>2</sub>).*

*“Porque o coeficiente de alumínio  $49,00 \times 10^{-3}$ . E o calor específico é 0,21” (Aluno A<sub>3</sub>)*

*“Eu acho que a lata tem mais facilidade de gelar do que o vidro, porque a lata tem o calor específico maior do que o vidro, sendo assim ela esfria com a maior facilidade” (Aluno A<sub>20</sub>).*

Entretanto, somente os alunos A<sub>2</sub> e A<sub>3</sub> se referiram aos valores desses coeficientes encontrados nas tabelas para justificar as suas respostas. O aluno A<sub>20</sub>, apesar de não ter citado os valores da tabela, construiu um argumento baseado nesses valores.

Analisando esses argumentos, percebemos que apenas o aluno A<sub>2</sub> utiliza o conceito de coeficiente de condutividade térmica de forma correta, enquanto o aluno A<sub>3</sub> recorre aos dois coeficientes para justificar sua resposta, de forma errônea e o aluno A<sub>20</sub> apresenta um raciocínio inverso ao que deveria ser feito. Assim, apenas o aluno A<sub>2</sub> utiliza corretamente a tabela adequada à questão.

Dois alunos (A<sub>4</sub> e A<sub>18</sub>) não conseguiram expressar-se com clareza, e por isso as suas respostas foram incluídas na categoria “outros” da tabela 5, como podemos constatar no exemplo abaixo:

*“Porque a garrafa de alumínio depende do estado que ele esteve durante o calor e o frio depende da temperatura” (Aluno A<sub>4</sub>).*

Embora tenhamos verificado que um aluno respondeu satisfatoriamente à pergunta cinco, essa quantidade é pouco representativa, diante das demais respostas, que reforçam o que já tinha sido revelado na análise da questão anterior: a suposição de que os estudantes não utilizam a tabela de coeficiente de condutividade térmica, pois desconhecem esse conceito.

Tabela 5 – Resultados da quinta questão do pré-teste: As garrafas térmicas são úteis para conservar tanto bebidas quentes como geladas. Essas garrafas são constituídas de um recipiente de vidro de paredes duplas, espelhadas interna e externamente. Em sua fabricação retira-se quase todo ar existente entre elas. Explique porque essas paredes permitem à garrafa servir de isolante térmico.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de RESPOSTAS	%
Não há acúmulo de ar entre as paredes	A <sub>1</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>17</sub>	04	19,05
São bem vedadas e abafam o ar	A <sub>11</sub> , A <sub>15</sub>	02	9,53
Porque as moléculas do material são muito juntas	A <sub>9</sub>	01	4,76
Porque a garrafa isola termicamente	A <sub>7</sub>	01	4,76
O material da garrafa tem essa afinidade	A <sub>12</sub>	01	4,76
Porque iguala a temperatura	A <sub>13</sub>	01	4,76
Porque a garrafa é isolada pelo vidro	A <sub>14</sub>	01	4,76
O tipo de vidro utilizado é diferente	A <sub>18</sub>	01	4,76
O vidro com as paredes espelhadas influenciam na temperatura constante	A <sub>19</sub>	01	4,76
Porque a área está totalmente isolada	A <sub>20</sub>	01	4,76
OUTROS	A <sub>3</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>21</sub>	03	14,29
EM BRANCO	A <sub>2</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>16</sub>	04	19,05
TOTAL		21	100,00

Constatamos pela tabela seis que os alunos A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>20</sub> acham que basta descrever o que lhe foi exposto para explicar a resposta, conforme os exemplos a seguir:

*“A pergunta já justifica por ela ser tão bem preparada por essas paredes e com o não acúmulo de ar a tendência e que se por café*

*quente vai ficar quente, se por uma coisa gelada continuara gelada”*

(Aluno A<sub>1</sub>).

*“Porque a área estar totalmente isolada, por isso que eu acho que ela conserve tanto frio como quente”* (Aluno A<sub>20</sub>).

Percebemos que as justificativas desses alunos são tautologias, pois eles, de uma forma diferente, repetem as mesmas idéias contidas no enunciado da pergunta seis.

Observamos que os aprendizes A<sub>11</sub>, A<sub>15</sub> e A<sub>13</sub> recorrem às suas observações diárias para explicar as suas respostas:

*“Porque são bem vedadas e abafam o ar conservando frio ou quente”*

(Aluno A<sub>11</sub>).

*“Porque ela iguala a temperatura e não fica nem frio nem quente”*

(Aluno A<sub>13</sub>).

Sendo assim, de acordo com o que já foi discutido nas análises dos resultados anteriores, percebe-se que esses alunos (14,29%) manifestaram o obstáculo da experiência primeira em suas respostas.

Já nas outras categorias, os alunos A<sub>9</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>18</sub> e A<sub>19</sub> (23,81%) atribuíram ao vidro ou a alguma característica dele o fato das paredes da garrafa servirem de isolante térmico, como podemos ver no exemplo abaixo:

*“Acho que é um tipo de vidro diferente e por ter duas paredes por isso é isolante”* (Aluno A<sub>18</sub>).

Visto que os aprendizes valem-se da substância ou de suas propriedades para justificar as suas respostas, identifica-se, então, a presença do obstáculo substancialista.

Constatamos, também, que as respostas dos alunos A<sub>3</sub>, A<sub>10</sub> e A<sub>21</sub>, cerca de 14,29%, não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela seis, como podemos notar pelo exemplo abaixo:

“Se ela for mantida aberta não existiria oxigênio suficiente para gelar ou esquentar o líquido do interior da garrafa” (Aluno A<sub>10</sub>).

É importante ressaltar que nenhum aluno mencionou qualquer processo de troca de calor nas suas respostas, o que pode indicar que eles não possuem esse conhecimento.

Tabela 6 – Resultados da sexta questão do pré-teste: Dois amigos foram almoçar e compuseram os seus pratos da seguinte maneira: Tiago - 4 colheres de sopa de feijão, 2 colheres de sopa de arroz, 2 bifés de 100g e 100g de batata frita;

Manuel - 3 colheres de sopa de feijão, 5 colheres de sopa de arroz, 2 filés de peixe frito e 100g de batata frita.

Qual dos dois amigos consumiu uma refeição mais energética? Justifique a sua resposta.

RESPOSTAS	CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de RESPOSTAS	%	
MANUEL	Comeu mais arroz que feijão	A <sub>4</sub>	01	4,76	
	Sua comida foi mais nutritiva	A <sub>7</sub>	01	4,76	
	Por causa do ferro do feijão da vitamina do arroz e do Omega 3	A <sub>9</sub>	01	4,76	
	O arroz e o peixe tem mais energia	A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub>	02	9,52	
	A resposta está na tabela	A <sub>2</sub> , A <sub>20</sub>	02	9,52	
	O peixe é melhor para digerir do que o bife	A <sub>15</sub>	01	4,76	
	MANUEL	O peixe tem uma quantidade grande de substâncias energéticas	A <sub>17</sub>	01	4,76
		Cada tipo de alimento que ele comeu possui mais energia	A <sub>19</sub>	01	4,76
		O arroz tem mais energia	A <sub>14</sub>	01	4,76
		Outros	A <sub>8</sub> , A <sub>21</sub>	02	9,52
		Em branco	A <sub>18</sub>	01	4,76
TIAGO	O feijão contém mais ferro	A <sub>3</sub> , A <sub>5</sub>	02	9,52	
	Comeu mais feijão e 2 bifés	A <sub>12</sub>	01	4,76	
	O peixe é mais energético	A <sub>16</sub>	01	4,76	
	Por causa da porção que ele comeu	A <sub>1</sub> , A <sub>10</sub>	02	9,52	
MANUEL e TIAGO	Cada um a sua maneira	A <sub>6</sub>	01	4,76	
TOTAL			21	100	

Examinando as categorias constatamos que os alunos A<sub>4</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>11</sub> e A<sub>13</sub> afirmaram que Manuel fez a refeição mais energética porque comeu peixe ou uma porção a mais de arroz, ou até mesmo , por conta das vitaminas ou do Omega 3 que estes alimentos possuem, como podemos ver nos exemplos a seguir:

*“O de Manuel porque vai comer mais arroz do que feijão e o peixe é mais nutritivo”* (Aluno A<sub>4</sub>).

*“Manuel porque a refeição dele tem ferro, tem mais arroz que possuem vitaminas e sais, o peixe tem Omega 3 e a batata é bem nutritiva”* (Aluno A<sub>9</sub>).

*“Manuel, pois o peixe tem uma quantidade muito grande de substâncias energéticas”* (Aluno A<sub>17</sub>).

*“Manuel, porque sua refeição tem muito arroz e também o peixe que contém muita energia”* (Aluno A<sub>13</sub>).

O mesmo aconteceu com os alunos A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub> e A<sub>16</sub> que apontaram que Tiago fez a refeição mais energética:

*“Tiago, porque o feijão consome mais ferro e cálcio”* (Aluno A<sub>3</sub>).

*“Foi Tiago, porque ele comeu peixe e o peixe é mais energético”*  
(Aluno A<sub>16</sub>).

Nestas respostas identificamos o obstáculo substancialista, confirmando o que já esperado, pois os alunos valem-se das substâncias ou de suas qualidades para justificarem as suas respostas, porque ainda não tinham estudado o conceito de caloria e nem utilizado a tabela de energia fornecida pelos alimentos.

Já outros alunos (A<sub>7</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>15</sub>) utilizaram idéias do senso comum sobre o valor nutricional dos alimentos ou sua facilidade de digestão para explicar porque Manuel consumiu a refeição mais energética:

*“Manuel porque o comer dele é mais nutritivo”* (Aluno A<sub>7</sub>).

*“O Manuel porque com certeza o peixe é melhor do que o bife para digerir...” (Aluno A<sub>15</sub>).*

Esses alunos recorrem aos conhecimentos do senso comum na elaboração das suas justificativas.

Apesar dos aprendizes A<sub>1</sub> e A<sub>10</sub> terem indicado que Tiago fez a refeição mais energética, as suas explicações se assemelham à do aluno A<sub>19</sub>, isto é, baseiam-se na quantidade de alimentos consumidos:

*“Para mim Tiago consumiu mais 4 colheres de sopa de feijão, 2 colheres de sopa de arroz, fora os bifos de 100g, com certeza ele conseguiu conter mais energia” (Aluno A<sub>1</sub>).*

Percebe-se nessas respostas o obstáculo da experiência primeira, pois os estudantes utilizaram seus conhecimentos empíricos, ligados à quantidade e não à qualidade dos alimentos nas suas justificativas.

A tabela 6 também nos mostra que cerca de 9,52% dos alunos que optaram por Manuel não puderam ter suas respostas enquadradas em nenhuma das categorias e que o aluno A<sub>6</sub> acha que Tiago e Manuel ingeriram refeições com igual quantidade de energia:

*“Manuel porque gastou mais do que Tiago” (Aluno A<sub>21</sub>).*

*“Eu acho que os dois cada um a sua maneira” (Aluno A<sub>6</sub>).*

Por outro lado, somente dois estudantes (A<sub>2</sub> e A<sub>20</sub>) se basearam nas informações da tabela de energia dos alimentos para afirmar que Manuel consumiu maior valor energético:

*“Manuel. Porque a diferença energética entre Manuel e Tiago foi de 153,4” (Aluno A<sub>20</sub>).*

Verificamos, mais uma vez, que apenas uma pequena porcentagem (9,52%) recorreu à tabela para justificar as suas respostas. Assim, examinando os dados obtidos podemos fazer algumas constatações.

Pela junção dos resultados observados nas análises das tabelas 1 e 2, nota-se que os alunos não compreendem o calor como uma das formas de energia transferida de um sistema de maior temperatura para outro de temperatura menor. Assim, na tabela 1 observa-se que nenhum aluno conseguiu relacionar a sensação de frio, que o álcool provoca ao entrar em contato com a pele, com o fato desse líquido precisa retirar calor da pele para evaporar, enquanto na tabela 2 verificamos que 70,83% dos estudantes acreditam que o gelo irradia frio.

Analisando, simultaneamente, os dados obtidos nas tabelas 3, 4, 5 e 6, podemos verificar que a maior parte dos alunos não soube utilizar as tabelas de energia fornecida pelos alimentos e de coeficientes de condutividade térmica

Os resultados da tabela 3 mostram que 9,09% dos alunos utilizaram as informações da tabela de calor específico, mas não mencionaram o coeficiente de condutividade na suas justificativas. Enquanto isso, pela tabela 4, verificamos que três estudantes utilizaram os dados do calor específico e do coeficiente de condutividade térmica nas suas explicações. Finalmente, os resultados da tabela 6 nos indicam que somente dois alunos recorreram à tabela de energia dos alimentos para dar suas respostas.

Por fim, pelos resultados obtidos na tabela 5, constatamos que apesar de 19,05% dos aprendizes atribuírem à ausência de ar, o fato das paredes da garrafa térmica servirem de isolante térmico, nenhum aluno mencionou qualquer processo de troca de calor nas suas respostas, revelando, assim, que os estudantes não conhecem tais processos.

#### **4.2 Análise dos dados das intervenções**

Em todas as intervenções que realizamos, adotamos como um dos recursos didáticos os textos, que abordam o conceito de calor, do material “Leituras de Física”.

Após as intervenções, partimos para analisar a compatibilidade das diversas partes do material com as fases do ciclo da experiência kellyana, assim como, também, procuramos verificar

como elas contribuíram para o desenvolvimento das competências pedidas nos objetivos específicos. Nesse sentido, utilizamos como instrumento de coleta de dados, tanto os exercícios propostos pelo material, como algum produto que resultou das atividades em sala de aula.

Tabela 7- Resultados da questão 3.2 da página 12 do texto “Medidas de temperatura”: “A temperatura a 0°F foi tomada como referência em um dia muito frio. Determine essa temperatura em graus Celsius.”

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Utilizou a equação, mas errou no sinal do resultado	A <sub>1</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>21</sub>	10	47,62
Tentou utilizar a equação, mas errou nos cálculos	A <sub>13</sub>	01	4,76
Utilizou a equação e acertou o sinal do resultado	A <sub>17</sub>	01	4,76
Não sei fazer	A <sub>8</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>20</sub>	03	14,29
Não entendeu		02	9,52
Em branco	A <sub>7</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>18</sub>	04	19,05
Total		21	100,00

Os resultados da tabela 7 mostram que dez alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub>) conseguiram utilizar a equação matemática apresentada no texto, que faz a relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit, mas ao desenvolverem as operações não souberam lidar com o sinal negativo e, por isso, esse sinal não aparece no resultado final, como podemos constatar pelo exemplo:

$$3 \cdot 2 \quad \frac{e - 0}{100 - 0} = \frac{0 - 32}{212 - 32} \Rightarrow e = \frac{32}{180} \cdot \frac{e}{5} = \frac{32}{9}$$

$$e \cdot 9 = -160 \Rightarrow C = \frac{160}{9} \quad \boxed{e = 18^\circ e}$$

Figura 2 – Resposta do aluno A1

Esse resultado pode ser devido à falta de atenção ao sinal, que teria sido esquecido, ou à falta de compreensão de como operar com números negativos.

Já o aluno A<sub>13</sub>, tentou utilizar a equação, mas errou completamente as operações matemáticas, não conseguindo chegar ao resultado, como pode ser visto em seguida:

Handwritten work for student A<sub>13</sub> showing the following steps:

$$1: \left. \begin{array}{l} \frac{100-0}{100-0} = \frac{6F-32}{212-32} \\ \frac{100-0}{100-0} = \frac{0-32}{212-32} \end{array} \right\}$$

$$\frac{100}{100} = \frac{6F-32}{212-32} = \frac{6F-32}{180}$$

$$\frac{100}{180} = \frac{6F-32}{180}$$

$$100 : 2 = 180 : 2$$

$$50 = 3F - 16$$

$$3F = 50 + 16 = 66$$

$$F = \frac{66}{3} = 22$$

Figura 3 – Resposta do aluno A<sub>13</sub>

Percebe-se, então, que cerca de 52,38% dos alunos (alunos nas duas primeiras categorias) tiveram dificuldade em realizar os cálculos.

Somente um aluno (A<sub>17</sub>) conseguiu utilizar forma correta a equação e realizar as operações, acertando o resultado final, como podemos perceber em seguida:

Handwritten work for student A<sub>17</sub> showing the following steps:

$$3.2 - \frac{100-0}{100-0} = \frac{0-32}{212-32} \Rightarrow \frac{100}{100} = \frac{-32}{180} = \frac{C}{5} = \frac{-32}{9}$$

$$100 \cdot 9 = -160 \Rightarrow C = \frac{-160}{9} = |C \approx -18^\circ|$$

Figura 4- Resposta do aluno A<sub>17</sub>

O fato de somente um aluno ter acertado completamente a questão, indica que os outros aprendizes sentem dificuldade de operar as equações matemáticas, sendo interessante que o professor procure desenvolver com eles essa capacidade.

Tabela 8 – Resultados da questão 3.3 do da página 12 do texto “Medidas de temperatura”:  
 “Você mesmo pode elaborar uma escala termo métrica. Para isso basta escolher um número para a temperatura de fusão do gelo e outro para a temperatura de ebulição da água. Em seguida, você pode relacionar a sua escala com a escala Celsius do mesmo modo que já realizamos.”

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Elaborou a escala, mas não fez a proporção	A <sub>4</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>21</sub>	08	38,10
Elaborou a escala e fez a proporção	A <sub>6</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>19</sub>	03	14,29
Copiou de um colega	A <sub>1</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>11</sub>	03	14,29
Não entendeu	A <sub>2</sub> , A <sub>20</sub>	02	9,52
Em branco	A <sub>5</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>18</sub>	05	23,8
Total		21	100,00

Nota-se pela tabela 8, que oito alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>15</sub> e A<sub>21</sub>) elaboraram a escala termométrica, mas não conseguiram fazer a proporção que relacionaria essas escalas. Vejamos o exemplo abaixo:

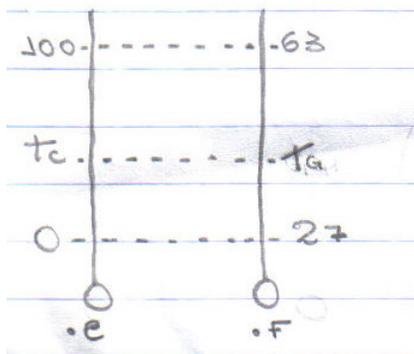


Figura 5 – Resposta do aluno A<sub>10</sub>

Assim, podemos dizer que esses alunos conseguiram fazer uma relação entre os pontos fixos de fusão do gelo e de ebulição da água, embora ainda não estivessem compreendendo a lógica matemática que envolve a questão.

Três alunos ( $A_6$ ,  $A_{17}$  e  $A_{19}$ ) elaboraram a escala e também fizeram a proporção, como podemos constatar pelo a seguir:

3.3 -  $\frac{N}{220}$

$\frac{N-20}{220-20} = \frac{e-0}{100-0} \Rightarrow$

$\frac{N-20}{200} = \frac{e}{100}$

Figura 6 – Resposta do aluno  $A_{17}$

Portanto, só três alunos (14,29%) demonstraram ter compreendido a lógica utilizada para comparar escalas termométricas diferentes.

Os aprendizes  $A_1$ ,  $A_3$  e  $A_{11}$  reproduziram a resposta do aluno  $A_{17}$ , como podemos ver pelo exemplo:

3.3  $\frac{N}{220}$

$\frac{N-20}{220-20} = \frac{e-0}{100-0}$

$\frac{N-20}{200} = \frac{e}{100}$

Figura 7 – Resposta do aluno  $A_1$

Os sete alunos restantes declararam que não entenderam ou deixaram a questão em branco.

Tabela 9 – resultados da questão 3.4 do da página 12 do texto “Medidas de temperatura”:  
 “Você encontra para comprar dois termômetros, ao mesmo custo, que contêm a mesma quantidade de mercúrio: um com um tubo longo e fino e o outro, um tubo curto e de diâmetro maior. Qual deles você preferiria? Explique porque.”

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Transcreve o que está escrito no texto	A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>21</sub>	06	28,58
Os dois, porque o importante é o conteúdo	A <sub>10</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>17</sub>	03	14,29
Grande e fino, por ser mais eficiente	A <sub>8</sub>	01	4,76
Curto e de diâmetro maior, porque é melhor de ver	A <sub>15</sub>	01	4,76
Outros	, A <sub>19</sub> , A <sub>20</sub>	03	14,29
Não entendeu	A <sub>1</sub> , A <sub>6</sub>	02	9,52
Em branco	A <sub>5</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>18</sub>	05	23,81
Total		21	100,00

Seis alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>21</sub>) reproduziram exatamente o que está escrito no texto “Medidas de temperatura”, como podemos observar pelo exemplo seguinte:

*“Os termômetros que usamos para verificar febre são construídos com um fino tubo de vidro ligado a um pequeno tubo lacrado cheio de mercúrio ou álcool” (Aluno A<sub>3</sub>)*

Isso demonstra que esses alunos conseguiram ler e identificar no texto a resposta da questão. Entretanto, o próprio texto não discute a importância do tubo ser longo e fino, o que pode ter levado esses alunos a simplesmente citar a fonte de informação que os levou a fazer a escolha requerida pela questão.

Os alunos A<sub>10</sub>, A<sub>14</sub> e A<sub>17</sub> referiram-se aos dois termômetros, por acharem que o importante é o conteúdo, vejamos o exemplo a seguir:

*“Não tem a reposta na folha. Mais eu acho que os dois fariam o mesmo efeito o importante seria o conteúdo, que o melhor é mercúrio ou álcool, agora eu acho que o mais fino seria melhor para manusear” (Aluno A<sub>17</sub>).*

É interessante observar que esse aluno procurou a resposta na folha, onde existe uma referência à substância termométrica, mas não se discute a influência das dimensões do tubo capilar.

O aluno A<sub>8</sub> acha que o grande e fino é mais eficiente, embora não apresente nenhuma justificativa para tal:

*“Grande e fino, porque deve ter mais eficiência”.*

Enquanto isso, o aprendiz A<sub>15</sub> escolheu o termômetro curto e grosso, sem apresentar uma justificativa bem embasada, como pode ser visto a seguir:

*“Curto e diâmetro maio, porque é melhor para ver se a pessoa está doente ou não”.*

Percebemos, por essas respostas, que os alunos tentaram encontrar a resposta pronta no texto. Aqueles que não conseguiram identificar uma resposta adaptaram as informações obtidas (caso do mercúrio). Além desses, houve também o caso do aluno A<sub>15</sub>, que fez sua escolha baseado em algum conhecimento próprio, que não foi explicitado em sua resposta.

As respostas dadas por três alunos (A<sub>2</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>20</sub>) não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 3, como pelo exemplo abaixo:

*“Qualquer um porque o tamanho não modifica nada e sim a temperatura que cada um recebera. Se a temperatura atribuída a cada um dos termômetros for igual, sempre dará resultado igual” (Aluno A<sub>19</sub>).*

Cinco alunos (A<sub>5</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>16</sub> e A<sub>18</sub>) deixaram a questão em branco. E dois estudantes (A<sub>1</sub> e A<sub>6</sub>) declararam não terem entendido.

Verificamos por esses resultados que não podemos afirmar que os alunos conseguiram compreender as bases de funcionamento dos termômetros.

Tabela 10.a – Resultados da questão 3.5 do da página 12 do texto “Medidas de temperatura”: A esterilização de instrumentos cirúrgicos que antes era feita em banho de vapor hoje é feita em estufas apropriadas. Por que não é possível esterilizar um termômetro clínico da mesma maneira?

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Transcrição do texto	A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>21</sub>	06	28,58
Porque o termômetro tem uma temperatura de 41° menor que a da estufa	A <sub>2</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>20</sub>	06	28,58
Não entendeu	A <sub>6</sub> , A <sub>15</sub>	02	4,76
Em branco	A <sub>1</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>18</sub>	07	33,34
Total		21	100,00

Tabela 10.b - Que método você proporia para fazê-lo?

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Em branco	A <sub>1</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>20</sub>	16	76,19
Esterilizar com álcool	A <sub>2</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub>	05	23,81
Total		21	100,00

De acordo com a tabela 10.a, seis alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>21</sub>) transcreveram o parágrafo do texto “medidas de temperatura” que discorre sobre a escala graduada dos termômetros clínicos, como podemos ver no exemplo a seguir:

*“A escala graduada no vidro dos termômetros clínicos mede temperatura que vão de 35 °C a 41 °C aproximadamente” (Aluno A<sub>3</sub>).*

Isso significa que esses alunos souberam identificar no texto onde está a resposta, porém eles não conseguem elaborar uma resposta com suas próprias palavras. Além disso, esses estudantes também não apresentaram nenhuma proposta de como fariam para esterilizar o termômetro (ver tabela 10.b).

Por outro lado, os alunos A<sub>2</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>20</sub> tentaram manifestar as suas idéias, como podemos demonstrar pelo exemplo a seguir:

*“Dependendo dos termômetros alguns suportam uma menor quantidade de temperatura. Ao esterilizar com vapor, alguns podem se estourar com maior temperatura” (Aluno A<sub>19</sub>).*

Contudo, pelas respostas dadas por esses aprendizes, percebemos que eles não foram capazes de se exprimir com clareza. Observamos, também, pela tabela 10.b, que com exceção do aluno A<sub>19</sub>, os cinco restantes sugeriram que o álcool poderia ser utilizado para esterilizar o termômetro.

Já o estudante A<sub>17</sub> explica que:

*“A escala graduada no vidro dos termômetros clínicos mede temperaturas que vão de 35 °C a 41 °C aproximadamente, por isso se colocarmos em estufa ele explodiria” (Aluno A<sub>17</sub>).*

Notamos que esse aluno se expressa com clareza, emprega a terminologia adequadamente e também propõe que o álcool seja utilizado para esterilizar o termômetro.

Assim, os educandos que sugeriram a utilização do álcool para a esterilização, estão usando o conhecimento do senso comum. Os outros ou não possuem esse conhecimento ou não encontraram no texto tais informações.

Dois estudantes ( $A_6$  e  $A_{15}$ ) declararam que não entenderam e sete ( $A_1$ ,  $A_5$ ,  $A_7$ ,  $A_8$ ,  $A_{13}$ ,  $A_{16}$  e  $A_{18}$ ) deixaram a questão em branco.

Após analisarmos esses resultados apresentamos, na tabela 11, uma síntese que considera o nível de aproveitamento do aluno na fase de investimento.

Tabela 11 – Nível de aproveitamento que os alunos tiveram na fase de investimento, utilizando o texto “Medida de temperaturas” .

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Aproveitou quase nada	$A_1, A_2, A_6, A_8, A_{14}, A_{15}, A_{19}, A_{20}$	08	38,1
Não aproveitou	$A_5, A_7, A_{10}, A_{13}, A_{16}, A_{18}$	06	28,6
Aproveitou medianamente	$A_3, A_4, A_9, A_{11}, A_{12}, A_{21}$	06	28,6
Aproveitou bem	$A_{17}$	01	4,7
Total		21	100,0

Antes de analisarmos esses resultados vamos definir quais os critérios que utilizamos para classificar os alunos dentro de cada categoria dessa tabela.

Consideramos que os alunos que conseguiram responder todas as questões de uma forma satisfatória se enquadrariam na categoria “aproveitou bem”.

Na categoria “aproveitou medianamente” colocamos os alunos que:

- Na questão 3.2 conseguiram utilizar a equação que relaciona a escala Celsius com a Fahrenheit, mas erram o sinal do resultado final;
- Na questão 3.3 fizeram a elaboração da escala, mas não conseguiram realizar a proporção, ou aqueles que copiaram a resposta do aprendiz  $A_{17}$ ;
- Nas questões 3.4 e 3.5 transcreveram trechos do texto “Medidas de temperatura”.

Encaixamos na categoria “aproveitou quase nada” os alunos que:

- Na questão 3.2 nada responderam, ou declararam que não entenderam, ou conseguiram utilizar a equação matemática, mas erram o sinal do resultado final;
- Na questão 3.3, construíram a escala, armando ou não a proporção, ou declararam que não entenderam;
- Não conseguiram responder as questões 3.4 e 3.5 de uma forma satisfatória.

Finalmente, colocamos na categoria “não aproveitou” os alunos que responderam de forma incompleta apenas uma das questões ou aqueles que deixaram em branco todos os exercícios.

Os dados da tabela 11 nos mostram que sete alunos ( $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_9$ ,  $A_{11}$ ,  $A_{12}$ ,  $A_{17}$  e  $A_{21}$ ) “aproveitaram bem” ou “aproveitaram medianamente” as informações contidas no texto “Medidas de temperatura”, que faz parte do material “Leituras de Física”. Enquanto que quatorze aprendizes ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_5$ ,  $A_6$ ,  $A_7$ ,  $A_8$ ,  $A_{10}$ ,  $A_{13}$ ,  $A_{14}$ ,  $A_{15}$ ,  $A_{16}$ ,  $A_{18}$ ,  $A_{19}$  e  $A_{20}$ ) não aproveitaram nada ou quase nada.

Portanto, para esses alunos, esse texto não funcionou como um bom recurso na fase de investimento, posto que, 66,77 % dos estudantes pesquisados não conseguiram assimilar nada ou quase nada das informações que ele continha.

Esse resultado nos remete a alguns indícios:

- É possível que o nível de leitura desses alunos seja muito baixo e, então, eles têm dificuldade de compreensão;
- O texto é muito longo e os alunos não conseguem se concentrar por muito tempo na leitura;
- O texto pode conter muitos termos que os alunos desconhecem e isso o torna desinteressante para o aprendiz.

Nesta pesquisa, procuramos deixar os alunos o mais próximo possível do material, com pouca influência do professor. Esses resultados também nos indicam que essa opção não funcionou muito bem. Esse tipo de resultado está de acordo com aqueles obtidos por Santos (2005) e Ferreira (2005) que também utilizaram leitura na fase de investimento. A tendência é a de não

se conseguir bons resultados, já que os alunos não possuem as competências que envolvem a leitura.

Ainda com o intuito de observar o investimento feito pelos aprendizes ao lerem o texto “Sol: a fonte da vida”, passamos a analisar as respostas dadas às questões que constam no apêndice B.

Tabela 12 – Resultados da primeira questão do apêndice B: Qual a energia que os vegetais usam para produzir os alimentos?

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
A energia da luz do sol...	A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub> , A <sub>21</sub>	08	38,10
A fotossíntese...	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>18</sub>	05	23,82
A luz do sol para fazer a fotossíntese	A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub>	02	9,52
Energia solar e energia do CO <sub>2</sub>	A <sub>19</sub>	01	4,76
Transcreve trecho do texto	A <sub>6</sub>	01	4,76
Não sei	A <sub>10</sub> , A <sub>15</sub>	02	9,52
Outros	A <sub>9</sub> , A <sub>12</sub>	02	9,52
Total		21	100,00

Pela tabela 12, constatamos que oito alunos responderam o primeiro quesito de uma forma coerente, como podemos observar pelo exemplo abaixo:

*“A energia da luz do sol para produzir seu próprio alimento que é absorvido pelas reações químicas” (Aluno A<sub>3</sub>).*

Esses alunos entenderam que a luz do sol contém a energia de que os vegetais precisam para produzir o alimento.

Cinco estudantes (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>18</sub>) acharam que o processo de fotossíntese seria a própria energia, conforme podemos ver no exemplo a seguir:

*“A fotossíntese é a energia que os vegetais utilizam para produzir os alimentos” (Alunos A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>).*

Eles não perceberam que a energia está na luz solar e será transformada através do processo da fotossíntese.

Já os alunos A<sub>7</sub> e A<sub>8</sub> responderam:

*“A luz do sol para fazer a fotossíntese”.*

Eles fizeram a distinção entre o processo de fotossíntese e a luz solar que é a fonte de energia.

O aprendiz A<sub>19</sub> escreveu que:

*“Energia solar e energia do gás carbônico”.*

Esse aluno, baseado na equação química apresentada no texto, identifica a energia contida na luz solar e também considera a energia existente no dióxido de carbono, o que indica uma compreensão das informações veiculadas no texto.

Um aluno (A<sub>6</sub>) limitou-se a transcrever o trecho do texto “Sol: a fonte da vida” que trata da absorção da energia, conforme exemplo abaixo:

*“Energia solar e gás carbônico do ar e realizam reações químicas produzindo material orgânico como açúcares, gorduras e proteínas e liberam oxigênio”.*

Não pudemos classificar em nenhuma das categorias da tabela 13, as respostas dos alunos A<sub>9</sub> e A<sub>12</sub>, como podemos acompanhar pelo exemplo abaixo:

*“Água + gás carbônico + adubo (material orgânico) e oxigênio”.*

Finalmente, dois alunos (A<sub>10</sub> e A<sub>15</sub>) disseram que não sabiam responder à questão.

Tabela 13 – Resultados da segunda questão do apêndice B: Segundo o texto a energia necessária as nossas atividades provém dos alimentos. Explique como o organismo humano obtém essa energia.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Reuniu trechos do texto	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>21</sub>	08	38,1
O metabolismo humano absorve todas as substâncias favoráveis ao nosso organismo através da alimentação...	A <sub>9</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>19</sub>	03	14,3
Obtém a energia dos alimentos	A <sub>4</sub>	01	4,8
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>14</sub> , , A <sub>20</sub>	05	23,8
Não sei	A <sub>10</sub> , A <sub>15</sub>	02	9,5
Em branco	A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub>	02	9,5
Total		21	100,0

Observando a tabela 13, verificamos que oito alunos reuniram trechos do texto “Sol: a fonte da vida”. Três alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> e A<sub>6</sub>) praticamente reproduziram o parágrafo do texto que fala sobre a questão, conforme podemos constatar no exemplo abaixo:

*“Quando os ingerimos os alimentos parte das substâncias entram na constituição celular e a outra parte fornece a energia necessária para nos exercitar e reproduzir de maneira saudável”* (Alunos A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>).

Os alunos A<sub>13</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub> e A<sub>21</sub>, também, transcreveram, só que eles fizeram pequenas adaptações, como poderemos ver a seguir:

*“Quando ingerimos os alimentos compostos pelas plantas, parte da substância que comemos entra no organismo, outra fornece energia para o nosso corpo” (Aluno A<sub>13</sub>).*

*“Ingerimos alimentos vegetais, alguma substâncias entram na constituição celular e outra parte fornece a energia necessária as nossa atividades”. (Alunos A<sub>16</sub> e A<sub>17</sub>).*

Os aprendizes A<sub>9</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>19</sub> falam de substâncias favoráveis, como podemos verificar no exemplo a seguir:

*“O metabolismo humano absorve todas as substâncias favoráveis ao nosso organismo através da alimentação e o que não presta, é defecado” (Alunos A<sub>9</sub> e A<sub>12</sub>).*

Esses alunos acreditam que só o que é benéfico ao organismo é absorvido, enquanto o restante é eliminado. Isso mostra que eles recorreram ao conhecimento do senso comum para responder à questão.

Já o aluno A<sub>4</sub> respondeu que:

*“Os organismos obtém a energia dos alimentos para que tenham caloria gordura para sobreviver mais as doenças vasculares”.*

Percebemos pela sua resposta que esse aluno se baseou nas informações contidas no texto e em outras informações do senso comum.

As respostas dadas por cinco alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub> e A<sub>20</sub>) não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 13, como podemos ver pelo exemplo a seguir:

*“O organismo humano obtém os alimentos para sua sobrevivência das pessoas para crescimento e reprodução. Esse alimento é ingerido para energia análogo ao de queima e respiração” (Alunos A<sub>3</sub> e A<sub>11</sub>).*

Dois alunos (A<sub>10</sub> e A<sub>15</sub>) declaram que não sabiam responder à questão. E mais dois (A<sub>7</sub> e A<sub>8</sub>) deixaram a questão em branco.

Tabela 14 – Resultados da terceira questão do apêndice B: Explique como se pode medir a quantidade de energia contida nos alimentos.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Transcreve um trecho do texto	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>20</sub>	12	57,14
Da as informações contidas no texto	A <sub>4</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub>	07	28,57
Elabora as informações do texto	A <sub>9</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>21</sub>	03	14,29
Total		21	100,00

Vemos na tabela 14, que doze alunos responderam como no exemplo a seguir:

*“Ela pode ser medida através da energia obtida pela sua queima. Por exemplo o pão e amendoim ela tem que ser medida pela temperatura da água”* (alunos A<sub>3</sub> e A<sub>11</sub>).

Eles simplesmente transcreveram o que o texto diz sobre a medição da energia contida nos alimentos.

Seis aprendizes (A<sub>4</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>15</sub> e A<sub>19</sub>) exprimiram as suas idéias conforme veremos no exemplo abaixo:

*“Através da energia contida pela sua queima”* (Aluno A<sub>4</sub>).

Esses alunos se limitaram apenas a dar a informação contida no texto.

Três estudantes (A<sub>9</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>21</sub>) apresentaram as suas respostas da seguinte forma:

*“Através da energia que foi resultada pela queima pode oferecer, sempre que um alimento Possui menos água, queima com energia mais liberada, se possuir uma quantidade considerável de água queima menos energia” (Alunos A<sub>9</sub> e A<sub>12</sub>).*

Percebemos que esses estudantes tentaram elaborar uma resposta a partir das informações do texto, o que indica que eles procuraram fazer alguma reflexão.

Assim, não podemos afirmar, que os aprendizes que participaram desta pesquisa, tenham compreendido como se mede a energia que os alimentos contêm, visto que, eles não conseguiram expressar as suas idéias.

Tabela 15 – Resultados da quarta questão do apêndice B: O que é caloria?

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Transcreve a definição do texto	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>20</sub> , A <sub>21</sub>	12	57,2
É a energia fornecida pelos alimentos aos seres humanos	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub>	02	9,5
Tipo de energia líquida que precisa possuir certa quantidade de calor...	A <sub>9</sub> , A <sub>12</sub>	02	9,5
A quantidade de alimentos que ingerimos...	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	02	9,5
É o nome dado à quantidade de energia que um alimento tem	A <sub>19</sub>	01	4,8
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>11</sub>	02	9,5
Total		21	100,0

Conforme a tabela 15, doze alunos reproduzem a mesma definição de caloria que está no texto, como vemos pelo exemplo abaixo:

*“Uma caloria é definida como a quantidade e calor necessária para elevar 1 °C a temperatura 1 grama de água no estado líquido”*  
(Aluno A<sub>6</sub>).

Os alunos A<sub>16</sub> e A<sub>17</sub> responderam:

*“Caloria é a energia fornecida pelos alimentos ao se humano”.*

Esses alunos acham que a caloria é a energia dos alimentos. Eles não perceberam que a caloria é uma unidade de medida de energia. O texto, possivelmente, contribuiu para que esses aprendizes chegassem a essa conclusão, visto que, em nenhum momento ele se refere à caloria como unidade de medida.

Os alunos A<sub>9</sub> e A<sub>12</sub> acham que caloria é um tipo de energia líquida, como podemos observar no exemplo abaixo:

*“Tipo energia líquida que precisa possuir uma certa quantidade de calor para aumenta uma temperatura de 1 °C e de uma grama de água”.*

Eles confundem quantidade com qualidade.

Os alunos A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> responderam:

*“A quantidade de alimentos que ingerimos”.*

Por essa resposta, notamos que esses alunos misturaram a quantidade de energia com a quantidade de alimentos, porque eles sabem que quanto mais alimento se ingere mais energia se obtém.

Um aluno (A<sub>19</sub>) declarou que:

*“O nome dado a quantidade de energia que um alimento tem”.*

Percebemos que esse estudante não entendeu exatamente a definição de caloria, pois como já havíamos citado anteriormente, o texto não esclarece que a caloria é uma unidade de medida.

As respostas dadas por dois alunos ( $A_3$  e  $A_{11}$ ) não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 15, conforme o exemplo a seguir:

*“Primeiro a caloria que tem uma só quantidade qual é ela 1 °C calor necessário 1 grama de água no estado liquido”.*

Supomos, por esses resultados, que nenhum dos alunos pesquisados compreenderam o conceito de caloria.

Tabela 16 – Nível de aproveitamento do texto “Sol: a fonte da vida” na fase de investimento.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Aproveitou medianamente	$A_3, A_5, A_7, A_8, A_{11}, A_{16}, A_{17}, A_{19},$ $A_{20}, A_{21}$	10	47,62
Aproveitou quase nada	$A_6, A_9, A_{10}, A_{12}, A_{15}$	05	23,81
Não aproveitou	$A_1, A_2, A_{13}, A_{14}, A_{18}$	05	23,81
Aproveitou bem	$A_4$	01	4,76
Total		21	100,00

A seguir iremos descrever os critérios que utilizamos para enquadrar os alunos em cada uma das categorias da tabela 16:

- Classificamos na categoria “Aproveitou bem” os estudantes que responderam adequadamente as três primeiras questões e transcreveram a última;
- Na categoria “Aproveitou medianamente” encaixamos os alunos que: responderam satisfatoriamente a primeira questão, não responderam adequadamente ou transcreveram a segunda questão, responderam satisfatoriamente ou transcreveram a terceira questão e responderam de forma inadequada ou transcreveram a quarta questão;
- Colocamos na categoria “Aproveitou quase nada” os educandos que: não responderam satisfatoriamente ou transcreveram a primeira e a segunda questão, responderam adequadamente ou transcreveram a terceira questão e transcreveram a quarta questão.

Também enquadrados nesta categoria os alunos que responderam adequadamente somente a terceira questão;

- Na categoria “Não aproveitou” classificamos os aprendizes que: responderam inadequadamente à primeira questão, não responderam satisfatoriamente ou transcreveram a segunda questão, transcreveram a terceira questão e responderam inadequadamente ou transcreveram a quarta questão.

-

Analisando a tabela 16, verificamos que onze alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>) aproveitaram bem ou aproveitaram medianamente bem as informações contidas no texto “Sol: a fonte da vida”, enquanto os dez alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>15</sub> e A<sub>18</sub>) restantes não aproveitaram nada ou quase nada.

Assim, é possível que cerca de 52,38% dos alunos tenham assimilado algumas informações que utilizamos na segunda intervenção.

Após o término da análise anterior, partimos para examinar como o texto “O sol e os combustíveis” contribuiu para a preparação dos alunos para a fase do encontro (ver metodologia). Um questionário com cinco questões abertas (apêndice C) foi o instrumento de coleta desta terceira intervenção.

Em seguida, partimos para analisar como os encontros, realizados na terceira intervenção, influenciaram no processo de construção dos alunos sobre os conceitos de: calor, sistema, fontes de calor, equilíbrio térmico e temperatura.

Tabela 17 – Resultados da primeira questão do Apêndice C: Explique com suas palavras o que você entende por calor.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
É uma das formas de transferência de energia em diferentes temperaturas	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub>	07	33,33
É uma das formas de transferir energia entre sistemas de temperatura	A <sub>4</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>21</sub>	06	28,57
Calor é uma coisa quente transmitida pelo sol	A <sub>5</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>15</sub>	04	19,05
Transcrição de trechos do texto	A <sub>14</sub>	01	4,76
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>19</sub>	03	14,29
Total		21	100,00

Observando a tabela 17, verificamos que sete alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>20</sub>) se aproximaram da definição científica do conceito de calor, como podemos ver pelo exemplo a seguir:

*“É uma forma de transferência de energia entre sistema”* (Aluno A<sub>1</sub>).

No entanto, notamos que os alunos deixaram de empregar o termo “sistema” em suas respostas.

Seis alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>21</sub>) falaram sobre “forma de transferência de energia”, como podemos constatar pelos exemplos a seguir:

*“É uma forma de transmitir energia para sistemas e temperaturas”*  
(Alunos A<sub>4</sub> e A<sub>10</sub>).

*“São transferências de energia de um corpo para o outro”* (Aluno A<sub>13</sub>).

Contudo, por essas respostas, podemos ver que eles não perceberam por qual mecanismo se dá essa transferência. Esses estudantes não estavam fazendo a relação correta, entre calor e temperatura.

Quatro aprendizes (A<sub>5</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>15</sub>) explicaram que:

*“É o que sentimos quando o tempo está frio ou quente”* (Aluno A<sub>5</sub>).

Esses alunos recorreram aos seus conhecimentos do senso comum para definir calor.

Somente um aluno (A<sub>14</sub>) se limita a transcrever a definição de calor que está escrita no texto “O sol e os combustíveis”:

*“É uma das formas de transferência de energia entre sistemas a diferentes temperaturas”* (Aluno A<sub>14</sub>).

Isso pode indicar que ele não compreendeu esse conceito.

As respostas dadas por três alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>18</sub> e A<sub>19</sub>) não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 17, conforme observamos no exemplo abaixo:

*“É uma forma que faz transferência de forma entre energia e sistema de temperatura”* (Aluno A<sub>3</sub>).

Percebemos, por suas respostas, que esses alunos estavam fazendo confusão entre os conceitos de sistema, calor e temperatura.

Tabela 18 – Resultados da segunda questão do apêndice C: Explique com suas palavras o que você entende por sistema.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
É uma área determinada que separamos do universo para analisar	A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>20</sub> , A <sub>21</sub>	13	61,91
Responderam usando analogias	A <sub>8</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>15</sub>	04	19,05
Outros	A <sub>7</sub> , A <sub>14</sub>	02	9,52
Em branco	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	02	9,52
Total		21	100,00

De acordo com a tabela acima, percebemos que treze alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>) definiram “sistema” como se fosse uma área que podemos separar do universo, conforme os exemplos a seguir:

*“É uma área que separamos no universo”* (Alunos A<sub>4</sub> e A<sub>10</sub>).

*“É uma área determinada que separamos do universo para analisar”*  
(Aluno A<sub>6</sub>).

As respostas desses alunos nos mostraram que eles explicaram o significado de sistema dentro de um contexto científico.

Quatro alunos (A<sub>8</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>15</sub>) responderam às questões através de analogias, como podemos ver pelo exemplo abaixo:

*“É como se fosse um cardume de peixe separa-se só uns sete”* (Alunos A<sub>8</sub> e A<sub>15</sub>).

Essas respostas podem indicar que esses alunos estavam desenvolvendo alguma noção sobre o conceito de sistema.

As respostas dos alunos A<sub>7</sub> e A<sub>14</sub> não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 18, como observamos no exemplo a seguir:

*“É tudo que se refere a combustão, calor, temperatura, fonte de calor, equilíbrio térmico e calor de combustão” (Aluno A<sub>14</sub>).*

Nesse caso, esse estudante pensa que os conceitos de calor, temperatura, equilíbrio térmico, fontes de calor e caloria, todos reunidos é que formam um sistema.

Dois alunos (A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>) deixaram a segunda questão em branco.

A comparação das tabelas 17 e 18 nos dão indícios que nove aprendizes (A<sub>4</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>21</sub>) podem estar evoluindo nas suas concepções sobre o conceito de calor, já que eles ao responderem à primeira e à segunda questão se aproximaram da definição científica. Entretanto, para os doze alunos que restaram, nada podemos afirmar, pois mesmo que algum deles tenha respondido satisfatoriamente a uma das perguntas, o mesmo não ocorreu com a outra.

Tabela 19 – Resultados da terceira questão do apêndice C: Explique com suas palavras o que você entende por fonte de calor.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
É um sistema em que a temperatura está mais alta que a vizinhança	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>20</sub> , A <sub>21</sub>	14	66,67
Existem várias fontes de calor, por exemplo, o sol	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>7</sub>	03	14,29
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>19</sub>	02	9,52
Em branco	A <sub>8</sub> e A <sub>15</sub>	02	9,52
Total		21	100,00

Pela tabela 19, percebemos que quatorze alunos responderam de acordo com o exemplo a seguir:

*“É um sistema que a temperatura está mais alta que a vizinhança”*  
(Alunos A<sub>4</sub> e A<sub>10</sub>).

Assim, 66,67% dos aprendizes deram respostas que se aproximam do conhecimento científico.

Três alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> e A<sub>7</sub>) utilizaram exemplos de fonte de calor, como pode ser observado na resposta seguinte:

*“Existe varias fontes de calor, por exemplo o sol é uma fonte de calor natural”* (Aluno A<sub>1</sub>).

Apesar desses alunos não terem explicado o conceito de fonte de calor, eles utilizaram exemplos adequados.

Os estudantes A<sub>3</sub> e A<sub>19</sub> deram respostas que não pudemos classificar em nenhuma das categorias da tabela 19, como podemos ver pelo exemplo a seguir:

*“Fala que quando a altura da temperatura está mais alta do a vizinhança”* (Aluno A<sub>3</sub>).

Dois alunos (A<sub>8</sub> e A<sub>15</sub>) deixaram a terceira questão em branco.

Tabela 20 – Resultados da quarta questão do apêndice C: Explique com as suas palavras o que é equilíbrio térmico.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
É quando não ocorre troca de calor, pois os sistemas estão na mesma temperatura	A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>20</sub> , A <sub>21</sub>	14	66,67
É quando as temperaturas estão iguais	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub>	06	28,57
É quando não ocorre troca de calor	A <sub>5</sub>	01	4,76
Total		21	100,00

Ao observamos a tabela 20, constatamos que quatorze alunos responderam à questão, conforme o exemplo a seguir:

*“É quando não ocorre troca de calor, pois os sistemas estão a mesma temperatura”* (Aluno A<sub>6</sub>).

Percebemos que esses alunos deram uma resposta mais abrangente, a qual explicava o equilíbrio térmico tanto pelo o conceito de calor como pelo o de temperatura.

Seis alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>15</sub> e A<sub>19</sub>) responderam:

*“É quando as temperaturas estão iguais”* (Alunos A<sub>8</sub> e A<sub>15</sub>).

Esses alunos também responderam de forma satisfatória à questão, porém eles não escreveram que devido à igualdade de temperatura, não haveria troca de calor entre os sistemas.

O aluno A<sub>5</sub> responde:

*“É quando não ocorre troca de calor”*.

Também podemos considerar adequada essa resposta, mesmo que ele não tenha citado o fato das temperaturas dos sistemas estarem iguais.

Confrontando os resultados das tabelas 17 e 20, verificamos que sete estudantes (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>20</sub>) responderam tanto à primeira quanto à quarta questão satisfatoriamente. Ressalvando que na quarta questão eles empregaram a terminologia correta. Isso podia indicar que suas idéias estivessem evoluindo para o conhecimento aceito pela comunidade científica.

Tabela 21 – Resultados da quinta questão do apêndice C: Explique com suas palavras o que é temperatura.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Medida de grau de aquecimento ou não de um sistema	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>20</sub> , A <sub>21</sub>	15	71,43
É o que mede o grau do calor	A <sub>8</sub> , A <sub>15</sub>	02	9,52
É uma coisa que pode ser quente ou fria	A <sub>7</sub>	01	4,76
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>10</sub>	03	14,29
Total		21	100,00

Pela tabela 21, constatamos que quinze alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>) expressaram a definição de temperatura conforme o exemplo a seguir:

*“Medida de grau de aquecimento ou não de um sistema”* (Aluno A<sub>1</sub>).

*“A medida de grau de aquecimento de um sistema”* (Aluno A<sub>18</sub>).

Essas respostas nos mostraram que os alunos definiram temperatura de uma forma adequada.

Dois alunos (A<sub>8</sub> e A<sub>15</sub>) responderam:

*“É o que mede o grau do calor”*.

Fica claro, por essa resposta, a confusão que esses alunos estavam fazendo com os conceitos de calor e temperatura.

O aluno A<sub>7</sub> declarou:

*“É uma coisa que pode ser quente ou fria e pode ficar em diversas fases”*.

Notamos que ele recorreu ao conhecimento do senso comum para responder à questão.

As respostas dadas por três estudantes (A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> e A<sub>10</sub>) não puderam se enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 21, como vemos no exemplo abaixo:

*“È quando há medida do grau e não do sistema”* (Aluno A<sub>3</sub>).

Pela frase acima, verificamos que esses alunos não conseguiram exprimir-se com clareza.

Tabela 22 – Nível de evolução das concepções dos alunos sobre os conceitos de calor, sistema, fonte de calor, equilíbrio térmico e temperatura após a fase do encontro.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Evoluiu bem	A <sub>6</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub> , A <sub>21</sub>	09	42,85
Evoluiu medianamente	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>19</sub>	08	38,10
Evoluiu pouco	A <sub>3</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>15</sub>	03	14,29
Não evoluiu	A <sub>7</sub>	01	4,76
Total		21	100,00

Os critérios utilizados para enquadrar os alunos em cada uma das categorias da tabela 22 foram os seguintes:

- Na categoria “evoluiu bem” classificamos os alunos que responderam satisfatoriamente a todas as questões;
- Na categoria “evoluiu medianamente” colocamos os alunos que responderam satisfatoriamente a quatro ou a três questões.
- Na categoria “evoluiu pouco” encaixamos os alunos que respondeu satisfatoriamente a duas questões;
- Na categoria “não evoluiu” enquadramos os alunos que responderam satisfatoriamente a somente uma questão.

Verificamos pela tabela 22, que para dezessete aprendizes (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>), a terceira intervenção, da forma como foi realizada, proporcionou uma boa evolução ou uma evolução mediana das concepções dos alunos sobre os conceitos esperados. Enquanto que os quatro alunos que restaram não apresentaram evolução ou evoluíram muito pouco.

Assim, é possível que cerca de 80,95% dos alunos pesquisados estejam se aproximando dos conceitos científicos de: calor, sistema, fonte de calor, equilíbrio térmico e temperatura.

Em seguida utilizamos as informações contidas nos relatórios que os estudantes elaboram sobre as experiências (ver capítulo 3), para analisar a influência da fase de confirmação e desconfirmação sobre as concepções dos alunos.

Tabela 23 - Aspectos teóricos e práticos identificados pelos alunos na experiência de propagação de calor por condução

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Foi a condução em que o calor se propaga através dos sólidos	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>21</sub>	09	42,85
Quanto mais longe mais demora o calor a se propagar	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub>	06	28,58
Transcreveu os processos de propagação de calor, sem relacioná-los com os experimentos	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>20</sub>	04	19,05
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub>	02	9,52
Total		21	100,00

A tabela 23 nos mostra que nove alunos relacionaram a primeira experiência com o processo de condução de calor, como podemos ver no exemplo em seguida:

*“Foi a condução em que o calor se propaga através dos sólidos”*  
(Aluno A<sub>8</sub>).

Esse tipo de resultado sugere que esses alunos estão conseguindo estabelecer a relação entre a teoria e a prática.

Por outro lado, seis alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>14</sub>) perceberam que o calor demora a ser transmitido à extremidade que está mais distante da fonte de calor. Vejamos o exemplo a seguir:

*“... porque quanto mais distante do inicio da barra, mais demora o calor a se propagar” (Alunos A<sub>7</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>14</sub>).*

Essas respostas sugerem que os alunos se concentraram na constatação do que aconteceu durante os experimentos e não conseguiram fazer a relação entre eles e a fundamentação teórica.

Quatro alunos simplesmente transcrevem trechos do texto “Calor e conforto” que explicam os processos de propagação de calor sem sequer vinculá-los a algum dos experimentos que foram realizados na cozinha da escola, como podemos constatar pelo exemplo abaixo:

*“Nos sólidos o calor é conduzido através do material” (Aluno A<sub>18</sub>).*

As respostas de dois alunos (A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub>) não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 23. Vejamos o exemplo que se segue:

*“... a temperatura do fogo fez com que caísse a tacha em ordem porque a temperatura do fogo faz com que suba” (Alunos A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub>).*

Percebemos, por essas colocações, que esses dois alunos se expressam se uma forma confusa.

Esses resultados podem indicar que cerca de 42,85% tenham compreendido o processo de transmissão de calor por condução.

Tabela 24 – Aspectos teóricos e práticos identificados pelos alunos na experiência de propagação de calor por convecção.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Estabelece relação com o processo de convecção	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>21</sub>	09	42,86
Os papéis começaram a subir e descer porque a água estava em contato com o fogo, em cima eles se tornavam mais pesados e desciam	A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub>	04	19,05
Transcrevem trechos do texto sem relacioná-los aos experimentos	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub>	03	14,29
Os papéis se movimentam de acordo com o movimento da água	A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub>	02	9,52
A água ferveu e nos mostrou que a mais densa descia enquanto a menos densa subia	A <sub>20</sub>	01	4,76
Outros	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	02	9,52
Total		21	100,00

De acordo com a tabela 24, nove alunos fizeram a relação entre o processo de convecção e a segunda experiência, como podemos ver a seguir:

*“O segundo experimento apresenta o processo de convecção”* (Aluno A<sub>5</sub>).

*“Foi a convecção que através dos líquidos fazem aquele movimento para cima e para baixo, quando estão mais ou menos densos”* (Aluno A<sub>8</sub>).

Notamos por essas respostas que esses alunos estabeleceram uma relação entre a experiência e a troca de calor por convecção.

Três alunos (A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>18</sub>) reproduziram o que o texto “Calor e conforto” relata sobre os processos de propagação de calor, sem, no entanto, relacioná-los aos experimentos realizados, conforme exemplo abaixo:

*“Existem três tipos de propagação de calor irradiação, irradiação e condução. A irradiação é o processo de propagação de calor que não necessita de um meio material. A convecção...”* (Alunos A<sub>16</sub> e A<sub>17</sub>).

Quatro estudantes (A<sub>7</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>14</sub>) atribuem ao papel picado (confete) o movimento de convecção. Vejamos o exemplo a seguir:

*“... os papéis começam a subir porque a água estava esquentando em baixo, porque estava em contato com o fogo, quando o papel chega em cima ele vai se tornar pesado e desce, porque em cima estava frio* (Alunos A<sub>7</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>14</sub>).

Enquanto isso, os aprendizes A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub> identificam que os papéis acompanham o movimento da água, como podemos constatar pelo seguinte exemplo:

*“Fazendo o movimento da água”.*

As respostas dadas por dois alunos (A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>) não se encaixam em nenhuma das categorias da tabela 24, conforme podemos observar pelo exemplo a seguir:

*“... quando o papel chega em cima ele desce porque em cima está frio”.*

Comparando os resultados das tabelas 23 e 24 observamos que são os mesmos, os nove alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub>) que fizeram a ligação da primeira e da segunda experiência com os seus respectivos processos de propagação de calor. Isso nos dá um indício de que é possível que esses alunos estejam desenvolvendo a capacidade de reconhecer tais processos.

Tabela 25 – Resultados da parte do relatório que se refere à terceira experiência.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Por absorver melhor o calor o metal foi o melhor condutor térmico	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub>	08	38,09
Condução e isolante térmico	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>21</sub>	05	23,81
Isolante térmico	A <sub>9</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>19</sub>	03	14,29
Transcreve trechos do texto sem relacioná-los com o experimento	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub>	03	14,29
Condução	A <sub>8</sub>	01	4,76
A madeira e o plástico em comparação com os metais são maus condutores térmicos	A <sub>20</sub>	01	4,76
Total		21	100,00

Conforme a tabela 25, oito alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>14</sub>) identificaram, através da terceira experiência, que:

*“... mas como a colher de alumínio é um bom condutor faz com que a manteiga se derreta primeiro nela”* (Alunos A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub>).

Eles observaram a relação que existe entre o metal e a sua propriedade de ser um bom condutor de calor.

Cinco alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>15</sub> e A<sub>21</sub>) vincularam o terceiro experimento tanto com o processo de condução de calor quanto ao conceito de isolante térmico, como podemos constatar pelo exemplo abaixo:

*“O terceiro experimento tem o processo de condução, e isolante térmico”* (Aluno A<sub>5</sub>).

Esses estudantes seguiram as instruções dadas e, baseando-se no texto “Calor e conforto”, conseguiram identificar os dois aspectos principais desse experimento.

Três alunos (A<sub>9</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>19</sub>) ligaram o terceiro experimento somente ao conceito de isolante térmico. Vejamos no exemplo a seguir:

*“O terceiro experimento é isolante térmico que são materiais maus condutores de calor” (Alunos A<sub>9</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>19</sub>).*

Esses estudantes não levaram em consideração o processo de condução de calor.

Constatamos, também, que aprendizes três (A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>18</sub>) transcreveram o que estava escrito no texto sobre o processo de troca de calor por condução. Contudo, nenhum deles relacionaram esse experimento nem ao processo de condução e nem ao conceito de isolante térmico.

O aprendiz A<sub>8</sub> concentra sua atenção no processo de condução:

*“Foi também a condução não foi diretamente ao fogo mas o calor estava presente”.*

Ele não faz nenhuma referência ao conceito de isolante térmico.

O estudante A<sub>20</sub> explica em seu relatório que:

*“... a madeira e o plástico comparado com o metal são maus condutores de calor, pois demora muito para o calor se espalhar”.*

Ele compra os materiais e conclui que a madeira e o plástico são maus condutores térmicos.

Podemos perceber que todos os alunos pesquisados (100%) vincularam o terceiro experimento aos conceitos de condutividade térmica e/ou isolante térmico.

Confrontando os resultados das tabelas 23, 24 e 25, verificamos que nove alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub>) fizeram de forma adequada à correspondência entre os experimentos e suas fundamentações teóricas.

Tabela 26 – Nível de evolução das concepções dos alunos sobre os processos de propagação de calor na fase de confirmação/ desconfirmação.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Evoluiu bem	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>21</sub>	09	42,86
Evoluiu pouco	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>20</sub>	09	42,86
Nada podemos afirmar	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub>	03	14,28
Total		21	100,00

Para classificar os estudantes na tabela 26, adotamos os seguintes critérios:

- Na categoria “evoluiu bem” enquadrámos os alunos que conseguiram relacionar todos os experimentos aos seus respectivos processos de propagação de calor e/ou aos conceitos de bons ou maus condutores térmicos;
- Na categoria “evoluiu pouco” encaixamos os aprendizes que conseguiram vincular o terceiro experimento ao processo de condução de calor e/ou aos conceitos de bons ou maus condutores térmicos;
- Na categoria “nada podemos afirmar” os educandos que reproduziram as informações do texto sobre os processos de troca de calor, sem conseguir relacioná-los aos experimentos.

Pela tabela 26, constatamos que as concepções de nove aprendizes (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub>) sobre os processos de propagação de calor, estavam evoluindo para o conhecimento aceito pela comunidade científica. Entretanto, o mesmo, não podemos dizer sobre os doze alunos que restaram (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub> e A<sub>20</sub>), ou porque eles evoluíram muito pouco ou porque eles se limitaram a transcrever as informações do texto.

Logo, é possível que as concepções de cerca de 42,86% dos alunos pesquisados estejam se aproximando do conhecimento científico dos processos de troca de calor.

Ainda, com o intuito de avaliar como o texto “Calor e conforto” contribuiu como fonte de consulta, nessa fase, passamos a analisar os resultados da tabela 27.

Tabela 27 – Resultados do aproveitamento do texto “Calor e conforto” na fase de confirmação/ desconfirmação.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Aproveitou bem	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>21</sub>	09	42,86
Aproveitou quase nada	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>20</sub>	09	42,86
Não aproveitou	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub>	03	14,29
Total		21	100,00

Os critérios que utilizamos para encaixar os aprendizes em cada uma das categorias da tabela 27 foram os seguintes:

- Os estudantes que relacionaram os três experimentos aos processos de propagação de calor e aos conceitos de materiais bons e maus condutores térmicos, classificamos na categoria “Aproveitou bem”;
- Classificamos na categoria “Aproveitou quase nada” os educandos que perceberam que o terceiro experimento estava ligado à idéia de materiais bons ou maus condutores térmicos;
- Preenchemos a categoria “Não aproveitou” com os aprendizes que se limitaram a reproduzir as informações contidas no texto “Calor e conforto” sobre os processos de transmissão de calor, sem relacioná-los com as experiências realizadas.

Observando a tabela 27 percebemos que nove alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub>) aproveitaram bem as informações contidas no texto “Calor e conforto” que faz parte do material “Leituras de Física”. Os doze estudantes que restaram (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub> e A<sub>20</sub>) aproveitaram nada ou quase nada dos conhecimentos apresentados por esse texto.

Isso pode significar que para 42,86% dos aprendizes, esse texto, da maneira como foi utilizado na quarta intervenção, contribuiu como um bom recurso didático na fase de confirmação ou desconfirmação.

### 4.3 Análise dos dados do pós-teste

Com a análise do pré-teste, constatamos que, além de os alunos apresentarem alguns obstáculos epistemológicos, eles ainda não tinham desenvolvido as seguintes competências:

- Compreender o calor como energia transferida entre sistemas de diferentes temperaturas;
- Reconhecer os diferentes processos de troca de calor em situações práticas do cotidiano;
- Utilizar as tabelas de energia fornecida pelos alimentos e de coeficientes de condutividade térmica;
- Identificar em função de sua utilização no mundo vivencial os materiais bons e maus condutores térmicos.

Dessa forma, partimos para as intervenções em que os alunos, para realizarem as atividades que lhes foram propostas, tinham que consultar o material “Leituras de Física”.

Essas intervenções foram realizadas na tentativa de verificar se o material pesquisado pode contribuir não só para que os alunos tomassem consciência de suas idéias prévias, relacionadas ao conceito de calor, como também para que eles, testando-as, pudessem desenvolver as competências já citadas anteriormente.

Seis dias após o término das intervenções, aplicamos o pós-teste com duas intenções: a primeira para verificar se os alunos apresentavam evolução nas suas concepções e a segunda para averiguar o desenvolvimento dos alunos com relação às competências esperadas.

Durante a análise dos resultados do pós-teste, optamos por descrever e interpretar a rica diversidade das concepções dos estudantes, por isso, as respostas de alguns alunos se enquadram em mais de uma categoria. Sendo assim, há casos em que o total de respostas supera o número de alunos pesquisados.

Em seguida, iremos analisar os dados do pós-teste.

Tabela 28 – Resultados da primeira questão do pós-teste: Por que quando se passa álcool na pele, sente-se que ela se esfria naquele local?

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de RESPOSTAS	%
O calor específico do álcool sobre a pele é 0,6	A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>18</sub>	07	31,82
A substância do álcool retira o calor da pele	A <sub>1</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub>	05	22,73
A pele está com temperatura mais alta e o álcool mais baixa	A <sub>4</sub> , A <sub>21</sub>	02	9,09
Em branco	A <sub>2</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub>	04	18,18
Outros	A <sub>7</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>19</sub>	04	18,18
Total		22	100,00

Obs: o total do número de respostas é maior do que o número de alunos pesquisados, porque a justificativa do aluno A<sub>4</sub> se enquadra em duas categorias.

Conforme a tabela 28, sete estudantes (A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub> e A<sub>18</sub>) se valeram do calor específico do álcool para explicar a questão, como podemos constatar pelos exemplos abaixo:

*“Porque o calor específico do álcool sobre a pele é de 0,6 (pressão constante)”* (Aluno A<sub>3</sub>).

*“Quando passa álcool na pele o calor específico é de 0,6”* (Aluno A<sub>16</sub>).

Notamos, que esses alunos não estavam compreendendo o fenômeno, pois eles, simplesmente, consultaram a tabela e utilizaram o valor do calor específico do álcool sem darem nenhuma explicação. Três deles (A<sub>3</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>18</sub>) já tinham no pré-teste utilizado esse conceito nas suas respostas, ao contrário dos quatro alunos restantes que antes das intervenções tinham recorrido a outras justificativas.

Cinco alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub> e A<sub>13</sub>) atribuíram a sensação de frio que o álcool provoca na pele à substância essa capacidade:

*“Porque quando passamos álcool na pele a substância do álcool retira o calor da pele”* (Aluno A<sub>1</sub>).

*“Porque o álcool absorve o calor da pele e esfria a pele”* (Aluno A<sub>11</sub>).

*“Porque o álcool é um bom condutor de calor e por isso ele esfria a pele”* (Aluno A<sub>10</sub>).

Esses aprendizes, que no pré-teste procuraram explicar esse fenômeno através de conceitos biológicos ou atribuindo ao mesmo um caráter substancial, no pós-teste expressaram a idéia de que uma substância ou uma propriedade da mesma provoca o fenômeno. Essas respostas nos revelaram que a presença do obstáculo substancialista persiste.

É importante observar que os alunos A<sub>4</sub> e A<sub>21</sub> acharam que a diferença de temperatura entre a pele e o álcool esclarecia o fenômeno:

*“Porque o álcool vai na pele, porque está com temperatura mais alta a pele e a do álcool está mais baixa, por causa do álcool sente-se na pele. O álcool é bom condutor de calor”*(Aluno A<sub>4</sub>).

*“Porque o corpo é muito quente, quando botamos o álcool no local ele esfria, ex: a pessoa com febre quando passa o álcool o seu corpo esfria, é o caso da fonte de calor o sistema mais quente aquecem os mais frios”* (Aluno A<sub>21</sub>).

Nesse caso, percebemos que esses dois educandos procuraram aplicar os conhecimentos que foram expostos durante as intervenções. Eles não puderam ir mais além nas suas explicações, porque esse é um fenômeno muito complexo. No início, o álcool estava na temperatura ambiente e a pele numa temperatura mais elevada, por isso esta cede uma pequena quantidade de calor para aquele. Mas, depois, para mudar de estado o álcool necessita, de acordo com a sua massa, de mais uma certa quantidade de calor (calor latente). Como o conceito de calor latente não foi trabalhado nas intervenções, posto que, não era objetivo desta pesquisa, é natural que eles mobilizassem as informações que foram veiculadas durante as aulas para explicar a situação que a questão apresentava.

As respostas de quatro alunos (A<sub>7</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>14</sub> e A<sub>19</sub>) não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 28, como podemos ver no exemplo a seguir:

*“Por causa que o álcool limpa a pele, por isso que esfria naquele local”.*

Esses alunos dão respostas confusas e quando tentam empregar os termos físicos o fazem de forma inadequada.

Quatro educandos (A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>20</sub>) deixaram a primeira questão em branco.

Confrontando os resultados das tabelas 1 (pré-teste) e 28 (pós-teste), podemos perceber que os seis alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>21</sub>), que no pré-teste, evocaram o senso comum ou tentaram atribuir um caráter substancial ao fenômeno ou mesmo buscaram interpretá-lo fazendo uso de conceitos biológicos, após as intervenções procuraram empregar os conhecimentos da Física Térmica nas suas explicações.

Tabela 29 – Resultados da segunda questão do pós-teste: Sua mão, mantida próxima a um bloco de gelo, sente frio. O gelo irradia frio?

RESPOSTAS	CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de RESPOSTAS	%
SIM	A mão por muito tempo no gelo sente frio e queima	A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>16</sub>	04	19,05
	Temperatura do gelo está bem abaixo da temperatura ambiente	A <sub>1</sub>	01	4,76
	Porque o gelo transmite energia para a mão	A <sub>4</sub>	01	4,76
	O ar frio que sai do gelo se propaga passando para mão	A <sub>5</sub>	01	4,76
	Por causa da irradiação que não precisa de nenhum meio material para se propagar	A <sub>8</sub> , A <sub>12</sub>	02	9,53
	Porque o gelo está em menor temperatura que a mão	A <sub>9</sub>	01	4,76
	Porque o nosso corpo está quente e o gelo está frio	A <sub>10</sub>	01	4,76
	Tanto como o fogo irradia calor	A <sub>11</sub>	01	4,76
	É como se o gelo estivesse transpirando	A <sub>13</sub>	01	4,76
	Sai do gelo um vapor frio	A <sub>20</sub>	01	4,76
	Em branco	A <sub>21</sub>	01	4,76
	Outros	A <sub>14</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>18</sub>	03	14,29
Irradia calor porque a temperatura do gelo vai se propagando	A <sub>17</sub>	01	4,76	
Outros	A <sub>7</sub> , A <sub>19</sub>	02	9,53	
Total			21	100,00

Pela tabela 29, percebe-se que dezoito alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>) afirmaram que o gelo irradia frio.

Quatro aprendizes (A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub> e A<sub>16</sub>) procuraram se valer das suas observações nas explicações de suas respostas, como podemos ver no exemplo abaixo:

*“Nossa mão por muito tempo no gelo sente frio e a nossa mão queima. Sim o gelo irradia frio”* (Aluno A<sub>2</sub>).

Da mesma forma, que os alunos A<sub>10</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>20</sub> valeram-se das suas experiências cotidianas, como podemos constatar pelos exemplos a seguir:

*“É como se gelo estivesse transpirando”* (Aluno A<sub>13</sub>).

*“Sim, pois sai do gelo um vapor frio que se a nossa mão estiver próxima ao bloco sentirá frio”* (Aluno A<sub>20</sub>).

Notamos que esses alunos sete estudantes (A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>16</sub> e A<sub>20</sub>) recorreram ao seus conhecimentos do senso comum.

Os alunos A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, e A<sub>12</sub>, que também acreditam que o gelo irradia frio, empregaram terminologia que conheceram nos textos, porém de forma inadequada, como podemos ver nos exemplos abaixo:

*“Sim irradia frio porque a temperatura do gelo está bem abaixo da temperatura ambiente”* (Aluno A<sub>1</sub>).

*“Sim porque o gelo e a mão próxima, e o gelo irradia por causa do gelo vai transmitir a energia para a mão”* (Aluno A<sub>4</sub>).

*“Irradia, pois o ar frio que sai dele em contato com a nossa mão que apresenta uma temperatura mais baixa se propaga passando o ar frio para a mão, é aí que sentimos frio”* (Aluno A<sub>5</sub>).

*“Sim por causa da irradiação que não precisa de nem um meio material para se propagar”* (Aluno A<sub>8</sub>).

Por essas respostas, notamos que os alunos, que no pré-teste não usavam termos da Física Térmica, passaram a empregá-los nas explicações do pós-teste.

Há ainda os alunos A<sub>14</sub>, A<sub>15</sub> e A<sub>18</sub> que apesar de terem respondido à questão positivamente, não puderam ter suas respostas enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 29, conforme o exemplo abaixo:

*“Sim irradia por está muito próximo ao frio”* (Aluno A<sub>14</sub>).

Esses estudantes não conseguiram expressar-se com clareza.

Assim como também, as respostas dadas por dois estudantes (A<sub>7</sub> e A<sub>19</sub>) não se ajustaram nas classes da tabela 29, como podemos observar pelo exemplo a seguir:

*“Sentimos frio porque o gelo é muito frio por causa do esfriamento do gelo”* (Aluno A<sub>7</sub>).

Percebemos a falta de clareza dessa resposta.

O aluno A<sub>17</sub> explica que:

*“Irradia calor. Porque a temperatura do gelo vai se propagando e a minha mão sente”* (Aluno A<sub>17</sub>).

Essa resposta mostra a confusão que esse aprendiz faz entre calor e temperatura.

A junção dos resultados das tabelas 28 e 29 nos permitem afirmar que embora os estudantes não tenham compreendido como funciona a troca de calor entre o gelo e a mão, seis aprendizes (A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>21</sub>) entenderam que ocorre transferência de calor quando há temperaturas diferentes.

Comparando os resultados das tabelas 2 (pré-teste) e 29 (pós-teste), verificamos que sete estudantes (A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, e A<sub>12</sub>) que antes não utilizavam os termos científicos,

passaram após as intervenções, a empregar a terminologia da Física Térmica para justificar a segunda questão. Este fato denota, que após as intervenções, esses aprendizes deixaram de se basear no senso comum, no caráter substancial do fenômeno ou mesmo nos saberes da biologia, pois tendem a empregar termos relacionados ao conceito de calor. Logo observamos que os aprendizes ainda estavam na etapa de elaborar os conhecimentos que foram trabalhos e, por isso eles não responderam de uma maneira satisfatória às primeiras e segundas questões, que versavam sobre informações que não tinham sido discutidas nas aulas.

Tabela 30 – Resultados da terceira questão do pós-teste: As panelas de argila são sempre preferidas para cozinhar e servir alimentos que devem ser consumidos quentes, como moquecas. Elas mantêm a temperatura alta por mais tempo que uma panela de alumínio. Se colocarmos a mesma quantidade de água em duas panelas de mesmas dimensões, uma de argila e outra de alumínio, e a levamos a chamas idênticas, em qual a água ferverá primeiro? Justifique:

RESPOSTAS	CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de RESPOSTAS	%
ALUMÍNIO	É um bom condutor de calor	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>21</sub>	07	31,82
	Esquenta mais rápido	A <sub>1</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>10</sub>	04	18,18
	O alumínio tem o coeficiente de condutividade térmica $49 \times 10^{-3}$	A <sub>8</sub> , A <sub>17</sub>	02	9,09
	O calor específico do alumínio é 0,21 e da água 0,2	A <sub>2</sub>	01	4,55
	Bom condutor tem temperatura que pega logo o calor	A <sub>3</sub> , A <sub>15</sub>	02	9,09
	Porque o metal é um bom condutor de calor	A <sub>12</sub>	01	4,55
	Por ser um bom condutor de calor tem facilidade de transmitir esse calor para a água	A <sub>20</sub>	01	4,55
	O alumínio é um bom receptor e condutor de calor...	A <sub>19</sub>	01	4,55
	Em branco	A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub>	02	9,09
ARGILA	A argila absorve mais calor	A <sub>18</sub>	01	4,55
TOTAL			22	100,00

Obs: o total do número de respostas é maior do que o número de alunos pesquisados, porque a justificativa do aluno A<sub>17</sub> se enquadra em duas categorias.

Pela tabela 30, verificamos que 20 alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>) afirmaram que a água ferveria primeiro na panela de alumínio.

Sete estudantes (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>21</sub>) afirmaram que o alumínio é um bom condutor, como podemos ver pelo exemplo a seguir:

*“A panela de alumínio, pois o alumínio é um bom condutor de calor”*  
(Aluno A<sub>5</sub>).

*“A de alumínio, porque o alumínio é um bom condutor de calor, melhor que a argila”* (Aluno A<sub>9</sub>).

Notamos, por essas respostas, que esses alunos apresentam a noção de bom e mau condutor térmico.

Os aprendizes A<sub>1</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> e A<sub>10</sub> responderam conforme os exemplos abaixo:

*“A panela de alumínio, porque por ser alumínio, esquenta mais rápido”* (Aluno A<sub>1</sub>).

*“Eu acho que a panela de argila seve para dar gosto nas comidas, mas a panela de alumínio esquenta mais rápido”* (Aluno A<sub>10</sub>).

Por essas respostas percebemos que esses estudantes valeram-se do conhecimento do senso comum nas suas justificativas.

Dois alunos (A<sub>8</sub> e A<sub>17</sub>) usaram nas suas respostas o coeficiente de condutividade térmica, como podemos ver no exemplo abaixo:

*“Na panela de alumínio, pois o alumínio é um bom condutor de calor, o coeficiente de condutividade térmica do alumínio é  $49,00 \times 10^{-3}$ ”*  
(Aluno A<sub>17</sub>).

Fica claro que esses educandos utilizaram a tabela de coeficientes de condutividade térmica.

Por outro lado, o aluno A<sub>2</sub> fez uma comparação entre os calores específicos da argila e do alumínio, como podemos ver a seguir:

*“Alumínio, porque o calor específico pressão constante cal/g°C é 0,21 a argila é 0,2”* (Aluno A<sub>2</sub>).

Podemos verificar que esse aluno, no pré-teste, também se referiu ao calor específico. Isso indica que ele não compreende o que seja calor específico.

Os alunos A<sub>3</sub> e A<sub>15</sub> responderam que:

*“Além de ser um bom condutor o alumínio tem a temperatura que pega logo o calor. Se colocarmos uma panela de alumínio no fogo e deixarmos uma colher dentro ela pega a mesma temperatura da panela de alumínio”* (Aluno A<sub>3</sub>).

*“Na panela de alumínio porque o alumínio conduz a temperatura mais rapidamente”* (Aluno A<sub>15</sub>).

Essas respostas nos mostraram a confusão que esses alunos estavam fazendo entre calor e temperatura.

O aluno A<sub>12</sub> cita que:

*“A de alumínio, porque o metal é um bom condutor de calor”* (Aluno A<sub>12</sub>).

Assim, ele acrescenta a informação de que os metais são bons condutores de calor.

Já o estudante A<sub>20</sub> declara:

*“A panela de alumínio, pois por ser um bom condutor tem facilidade de transmitir esse calor adquirido para água fazendo com que ela ferva mais rapidamente”* (Aluno A<sub>20</sub>).

Ele conseguiu relacionar o fato do alumínio ser um bom condutor de calor com a facilidade com que ele transmite essa energia à água.

O aluno A<sub>19</sub> escreveu:

*“A panela de alumínio, porque o alumínio é um bom receptor e condutor de calor. Ao mesmo tempo que o alumínio absorve o calor ele libera também o calor. Já a panela de argila ela absorve mais calor e libera pouco calor”* (Aluno A<sub>19</sub>).

Ele se expressa satisfatoriamente à noção de que o alumínio é um bom condutor de calor, mas expõe de maneira confusa a sua idéia de que a argila é mau condutora.

Mesmo escolhendo que é na panela de alumínio a água ferve primeiro dois alunos (A<sub>13</sub> e A<sub>14</sub>) não souberam justificar as suas respostas.

Ao compararmos com as respostas do pré-teste notamos que os três estudantes (A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub> e A<sub>12</sub>), que antes tinham optado pela panela de argila, mudaram de opinião. De sorte que pelos dados do pós-teste somente o aluno A<sub>18</sub> escolheu o utensílio de argila:

“A água que está na panela de argila, porque ela tem mais absorção de calor” (Aluno A<sub>18</sub>).

Ele equivocadamente acha que quem absorve mais calor é melhor condutor. Esse aluno também desconhece ou não entende o que seja calor específico.

É interessante observar que os alunos A<sub>8</sub> e A<sub>17</sub> recorreram à tabela dos coeficientes de condutividade térmica, usando-a de forma adequada. Dessa forma, constatamos que dois alunos procuraram empregar a tabela do coeficiente de condutividade térmica, ao passo que no pré-teste nenhum aluno a utilizou.

Assim como, também, verificamos pelos resultados do pós-teste que onze aprendizes (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>) foram capazes de reconhecer os materiais bons condutores. Desse modo, constatamos que como essa questão estava dentro do contexto em foi trabalhado nas aulas os alunos puderam relacionar os conhecimentos físicos com a situação descrita na questão.

Tabela 31 - Resultados da quarta questão do pós-teste: Uma garrafa e uma lata de cerveja permanecem durante certo tempo, no interior de uma geladeira. Esse tempo é suficiente para que ambas estejam à mesma temperatura e em equilíbrio térmico com o interior da geladeira. Entretanto, ao retirarmos os dois recipientes da geladeira temos a impressão de que a lata está mais fria que a garrafa. Como você explica esse fato?

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de RESPOSTAS	%
O alumínio é bom condutor e o vidro é mau condutor	A <sub>3</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>19</sub>	08	38,10
Porque o alumínio tem a mesma facilidade de esquentar e esfriar	A <sub>6</sub>	01	4,76
O alumínio conduz o frio mais rapidamente e não o libera tão rápido	A <sub>14</sub> , A <sub>15</sub>	02	9,52
A lata de alumínio é mais fina e por isso esfria mais rápido	A <sub>16</sub>	01	4,76
...no caso a garrafa serve como isolante térmico	A <sub>20</sub>	01	4,76
OUTROS	A <sub>1</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>21</sub>	07	33,34
EM BRANCO	A <sub>2</sub>	01	4,76
TOTAL		21	100,00

Verificamos na tabela 31, que oito alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>19</sub>) procuraram explicar o fato narrado na quinta questão, valendo-se da idéia de ser o alumínio um bom condutor de calor:

*“Pois do mesmo modo que o alumínio ganha calor rápido por ser um bom condutor, ele também perde facilmente” (Aluno A<sub>5</sub>).*

*“Porque o alumínio esfria mais rápido ele é bom condutor. O vidro é um mal condutor por isso demora a esfriar” (Aluno A<sub>11</sub>).*

*“A lata de cerveja é bom condutor de calor, mas não é bom isolante térmico” (Aluno A<sub>17</sub>).*

*“O alumínio é um ótimo condutor térmico, portanto por mais que os dois estejam na mesma temperatura, o alumínio sempre irá mostrar que está mais frio que o ferro” (Aluno A<sub>19</sub>).*

Percebe-se por essas respostas que cerca de 38,01% dos estudantes estão empregando de forma adequada à noção de condutibilidade térmica.

Os estudantes A<sub>1</sub> e A<sub>18</sub> valeram-se de suas percepções para dar explicações, como podemos ver nos exemplos abaixo:

*“Porque a lata de cerveja é de alumínio e o alumínio aparenta está mais frio” (aluno A<sub>1</sub>).*

*“Acho que por a garrafa ser de vidro temos essa impressão e a lata tem mais absorção de frio que a garrafa” (Aluno A<sub>18</sub>).*

Eles recorreram às suas experiências diárias para justificar as suas respostas.

O aluno A<sub>6</sub> afirma:

*“Porque do mesmo jeito que o alumínio esquenta mais rápido ele tem a mesma facilidade de esfriar” (Aluno A<sub>6</sub>).*

Essa resposta não contemplou o aspecto que nós esperávamos para essa questão, pois o que era relevante, nesta situação, é o fato de que o alumínio por ser bom condutor ela retira calor da mão muito mais rapidamente.

Os alunos A<sub>14</sub> e A<sub>15</sub> acham que o alumínio conduz o frio:

*“Porque o alumínio conduz o frio mais rapidamente e não libera tão rápido” (Aluno A<sub>15</sub>).*

Esses estudantes imaginam que o frio é um elemento oposto e de mesma natureza que o calor.

O aprendiz A<sub>16</sub> afirmou que o fenômeno acontece porque a lata é mais fina:

*“É porque a lata é de alumínio e é mais fina, por isso que esfria mais rápido” (Aluno A<sub>16</sub>).*

Ele pensa que essa propriedade da lata (fina) é que faz com que ela conduza melhor o calor. Essa resposta revela o obstáculo substancialista. Esse mesmo aluno no pré-teste apresentou o obstáculo da experiência primeira. Isso nos mostra o quanto é difícil superar os obstáculos epistemológicos.

No entanto, o estudante A<sub>20</sub> concluiu:

*“Ao retirar da geladeira a garrafa e a lata por alguns minutos, ambas fora da geladeira, observamos que o líquido da lata esquentou mais rápido do que o da garrafa, no caso a garrafa serve como isolante térmico” (Aluno A<sub>20</sub>).*

Esse educando valeu-se das suas experiências do dia-a-dia para constatar o fenômeno e o conceito de isolante térmico para explicá-lo.

As respostas dadas por três alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>7</sub> e A<sub>12</sub>) não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 31, como podemos ver nos exemplos abaixo:

*“Porque a lata de alumínio tem mais facilidade de armazenar o frio em maior quantidade” (aluno A<sub>7</sub>).*

*“Porque como a lata é de alumínio o “gelado” permanece por mais tempo. Já a garrafa é de vidro e o “gelado” esfria mais rápido” (Aluno A<sub>12</sub>).*

Somente um aluno (A<sub>2</sub>) deixou a quinta questão em branco.

Nenhuns dos estudantes pesquisados utilizou a tabela de coeficientes de condutividade térmica para responder à quinta questão.

Ao associarmos os resultados das análises das tabelas 30 e 31, constatamos que oito alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>19</sub>) foram capazes de aplicar a noção de condutividade térmica nas situações que lhes foram apresentadas.

Ao compararmos os dados da tabela 32 (pós-teste) com os dados da tabela 4 (pré-teste), para esse quesito, verificamos que os mesmos oito alunos, que foram citados no parágrafo anterior, passaram a justificar as suas respostas através da idéia da boa condutibilidade térmica. Assim, existe a possibilidade de que esses alunos estejam desenvolvendo a capacidade de reconhecer materiais bons e maus condutores de calor.

Confrontando as informações coletadas nas tabelas 30 e 31, percebemos que o aprendiz A<sub>17</sub> que procurou utilizar a tabela dos coeficientes de condutividade térmica para responder à terceira e à quarta questão, não fez o mesmo para explicar a quinta pergunta. Esse aluno pode não ter recorrido à tabela porque a questão não se referia explicitamente aos materiais.

Durante a quarta intervenção os alunos não foram estimulados a utilizar a tabela de coeficientes de condutividade térmica, pois devidas às paralisações, ocorridas durante a pesquisa, os cinco textos restantes: “Transportando o calor”, “Cercando o calor”, “Aquecimento e clima”, “Aquecimento e Técnica” e “Calculando a energia térmica” não foram explorados da mesma forma que as outras leituras, que foram trabalhadas nas quatro intervenções. Assim, a dificuldade que dos alunos tiveram em empregar a referida tabela, possivelmente, está relacionada ao fato da mesma pertencer ao primeiro, desses cinco textos, que foram trabalhados sem que os alunos vivenciassem o ciclo da experiência kellyana.

Tabela 32 – Resultados da quinta questão do pós-teste: As garrafas térmicas são úteis para conservar tanto bebidas quentes como geladas. Essas garrafas são constituídas de um recipiente de vidro de paredes duplas, espelhadas interna e externamente. Em sua fabricação retira-se quase todo ar existente entre elas. Explique porque essas paredes permitem à garrafa servir de isolante térmico.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de RESPOSTAS	%
O ar retirado na sua fabricação evita que o calor se perca por condução e por convecção	A <sub>5</sub> , A <sub>20</sub>	02	9,53
A garrafa tem duas paredes duplas que podem manter o equilíbrio térmico.	A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub>	02	9,53
Sem o ar entre as duas paredes não tem como o calor se propagar por convecção, condução e irradiação.	A <sub>8</sub>	01	4,76
As paredes duplas espelhadas refletem a irradiação,... Devido à condução também.	A <sub>17</sub>	01	4,76
A garrafa impede que as fontes de calor saiam de dentro dela.	A <sub>7</sub>	01	4,76
As paredes não permitem a saída de calor porque é um material não condutor.	A <sub>9</sub>	01	4,76
Porque as paredes são duplas e espelhadas	A <sub>10</sub>	01	4,76
Ela abafa o conteúdo e mantém a temperatura, porque evita a entrada de ar.	A <sub>11</sub>	01	4,76
Porque tira-se todo ar dentro dela e não tem como ficar muito frio ou muito quente.	A <sub>15</sub>	01	4,76
As paredes duplas permitem que a irradiação da temperatura fique entre elas..	A <sub>19</sub>	01	4,76
Porque o calor não sai da garrafa, por isso ela isola.	A <sub>14</sub>	01	4,76
Porque ela isola a temperatura mais quente entre suas paredes	A <sub>21</sub>	01	4,76
OUTROS	A <sub>12</sub> , A <sub>18</sub>	02	9,53
EM BRANCO	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>16</sub>	05	23,81
TOTAL		21	100,00

Conforme tabela 32, verificamos que os alunos A<sub>5</sub> e A<sub>20</sub> responderam:

*“Porque as paredes duplas, em que quase todo o ar foi retirado em sua fabricação, evita que o calor se perca por convecção ou por condução” (Aluno A<sub>5</sub>).*

Esses alunos associaram adequadamente quais os processos de propagação de calor que a ausência de ar evita.

Os estudantes A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub> escreveram:

*“Porque a garrafa tem duas paredes como se chama ela interna e externa que podem manter o equilíbrio térmico”.*

Eles tentam explicar a questão usando o conceito de equilíbrio térmico, não compreendendo que esse equilíbrio só acontece porque a quase ausência de ar evita que a troca de calor se dê por condução e convecção e as paredes espelhadas impede a propagação por irradiação.

Já o aluno A<sub>8</sub> declara:

*“Sem o ar entre as duas paredes não tem como o calor que está contido dentro da garrafa se propagar nem com meio de convecção sem condução e sem irradiação”.*

Ele não consegue interliga os componentes da constituição da garrafa às processos de troca de calor que eles evitam.

O aprendiz A<sub>17</sub> responde:

*“As paredes duplas espelhadas refletem energia de irradiação, o devido ao vácuo existente entre as paredes. Devido a condução também” (Aluno A<sub>17</sub>).*

Embora esse aluno não tenha se expressado claramente que o vácuo evita a condução, ele explicou, corretamente, que as paredes espelhadas evitam a propagação por irradiação.

Os estudantes (A<sub>7</sub> e A<sub>9</sub>) deram as seguintes explicações:

*“Porque a garrafa impede as fontes de calor de saírem de dentro da garrafa” (Aluno A<sub>7</sub>).*

*“Porque essas paredes não permitem saída de calor, porque é um material não condutor de calor” (Aluno A<sub>9</sub>).*

Ainda que essas justificativas não se aproximem do conhecimento científico, esses alunos ao elaborá-las empregaram alguns termos da Física Térmica.

Por outro lado, os alunos A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub> atribuíram à temperatura e não ao calor, o fato da garrafa da questão seis servir como isolante térmico:

*“As paredes duplas permitem que a irradiação da temperatura que está dentro da garrafa entre elas. Fazendo com que a garrafa conserve mais sua temperatura” (Aluno A<sub>19</sub>).*

*“Porque ela isola uma temperatura mais quente em suas paredes duplas que foram dela” (Aluno A<sub>21</sub>).*

Essas respostas evidenciam que os estudantes confundiram os conceitos de temperatura e calor, visto que eles não conseguiram utilizá-los corretamente.

Já o estudante A<sub>14</sub> escreve:

*“Para que o calor não saia da garrafa por isso ela é isolada”* (Aluno A<sub>14</sub>).

Esse educando não consegue explicitar quais são os meios de propagação de calor que as paredes da garrafa evitam.

Há também os aprendizes A<sub>10</sub> e A<sub>15</sub> que procuram explicar a resposta simplesmente descrevendo o que lhes foi exposto na questão seis:

*“Porque suas paredes são duplas e espelhadas”* (Aluno A<sub>10</sub>).

*“Porque tira-se todo o ar desse espaço de dentro da garrafa e não tem como ficar muito frio e muito quente”* (Aluno A<sub>15</sub>).

Dessa forma, esses dois estudantes acham que estão justificando o fenômeno.

As respostas dadas pelos alunos A<sub>12</sub> e A<sub>18</sub> não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 32 como podemos ver pelos exemplos a seguir:

*“Sem o ar dentro das paredes não tem, como o calor permanecer dentro da garrafa”* (Aluno A<sub>12</sub>).

*“Por ter duas paredes de vidro um reflete a outra e não tem ar acho que por isso seve como isolante térmico”* (Aluno A<sub>18</sub>).

Vemos assim, que ficou difícil ajustar essas respostas às categorias propostas.

Cinco alunos (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>16</sub>) deixaram a sexta questão em branco.

Comparando os resultados das tabelas 5 (pré-teste) e 32 (pós-teste), constatamos que, enquanto que no pré-teste nenhum estudante fez referências às formas de propagação de calor, após as intervenções, três alunos (A<sub>5</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>20</sub>) apresentaram, através de suas respostas, noções desses processos. Dessa maneira, é possível que esses alunos estivessem desenvolvendo a capacidade de reconhecer os esses processos em situações práticas do cotidiano. Além disso, onze alunos (A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub>) alunos que no pré-teste não utilizavam termos da Física Térmica em suas respostas passaram a empregá-los no pós-teste.

Tabela 33 – Resultados da sexta questão do pós-teste: Dois amigos foram almoçar e compuseram os seus pratos da seguinte maneira:

Tiago – 4 colheres de sopa de feijão, 2 colheres de sopa de arroz, 2 bifés de 100g e 100g de batata frita;

Manuel – 3 colheres de sopa de feijão, 5 colheres de sopa de arroz, 2 filés de peixe frito e 100g de batata frita.

Qual dos dois amigos consumiu uma refeição mais energética? Justifique a sua resposta.

RESPOSTAS	CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de RESPOSTAS	%
MANUEL	Com a soma da tabela constatei que Manuel consumiu mais energia	A <sub>2</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>20</sub>	06	28,57
	Porque comeu mais arroz e o peixe que contém mais energia	A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub>	02	9,53
	Pois o arroz e o peixe são ricos em calorias	A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub>	02	4,76
	Porque ele comeu peixe que é mais energético que a carne	A <sub>16</sub>	01	9,53
	Porque ele botou mais feijão e arroz que é nutritivo	A <sub>7</sub>	01	4,76
	outros	A <sub>3</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>15</sub>	03	14,28
	Em branco	A <sub>10</sub> , A <sub>21</sub>	02	9,53
TIAGO	Porque 4 colheres de sopa de feijão e 2 colheres de sopa de arroz é mais nutritivo que 3 colheres de feijão e 5 de arroz	A <sub>1</sub>	01	4,76
	Porque comeu feijão que é ferro e carne que é forte	A <sub>12</sub>	01	4,76
	Feijão e bife têm mais energia	A <sub>14</sub>	01	4,76
EM BRANCO		A <sub>6</sub>	01	4,76
TOTAL			21	100,00

Pelos dados apresentados na tabela 33, notamos que seis alunos (A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>20</sub>) utilizaram as informações da tabela da energia fornecida pelos alimentos para justificar as suas respostas como podemos ver pelos exemplos abaixo:

*“Manuel foi uma comida mais energética, pois Manuel consumiu o total de 601 energia (Kcal)” (Aluno A<sub>2</sub>).*

*“Manuel, pois com a soma através da tabela atrás, constatei que Manuel consumiu mais energia do que Tiago” (Aluno A<sub>5</sub>).*

Assim, constatamos que cerca de 28,57% dos estudantes pesquisados recorreram à tabela da energia dos alimentos.

Já os aprendizes A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub> e A<sub>18</sub> utilizaram termos como energia e calorias nas suas explicações:

*“Manuel porque ele comeu mais arroz e o peixe que contém mais energia” (Aluno A<sub>11</sub>).*

*“Foi Manuel. Porque ele comeu peixe e o peixe é mais energético do que a carne” (Aluno A<sub>16</sub>).*

*“Manuel consumiu uma refeição mais energética. Pois os alimentos arroz e filé de peixe que ele consumiu em maior quantidade são ricos em calorias, que é a comparação da quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1g de água, de 1°C” (Aluno A<sub>17</sub>).*

Apesar de não haver evidências que esses cinco alunos tenham-se baseado nos valores da tabela da energia dos alimentos, eles deram respostas coerentes e empregaram a terminologia adequada nas suas justificativas.

Os estudantes A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> e A<sub>15</sub>, que também optaram por Manuel, não puderam ter suas respostas enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 33, como podemos ver nos exemplos a seguir:

*“Manuel, porque o arroz pesa mais do que o feijão e o peixe também mas apesar que eles colocaram a mesma quantidade de bifes e peixe e batatas fritas mas o peixe e o arroz que a quantidade (Kcal)” (Aluno A<sub>3</sub>).*

*“Manuel porque ele além de comer mais refeição energética e menos” (Aluno A<sub>15</sub>).*

Por essas respostas notamos que esses educandos se expressaram de forma confusa.

O aluno A<sub>7</sub> escreveu:

*“Porque o feijão e o arroz ele botou mais e feijão e arroz é nutritivo” (Aluno A<sub>7</sub>).*

Ele acreditou que Manuel ingeriu uma refeição mais nutritiva e por isso mais energética.

Semelhante explicação foi dada pelo aprendiz A<sub>1</sub>, que optou por Tiago, conforme podemos observar no exemplo abaixo:

*“4 colheres de sopa de feijão, 2 de arroz é mais nutritivo que 3 colheres de sopa de feijão, 5 colheres de sopa de arroz. Tiago consumiu uma refeição mais energética” (Aluno A<sub>1</sub>).*

As respostas desses dois alunos (A<sub>1</sub> e A<sub>7</sub>) basearam-se no valor nutricional dos alimentos e não nos valores calóricos que eles possuem. Isso mostra que eles além de não conseguirem diferenciar os dois conceitos, eles não sabem empregar a tabela de energia dos alimentos.

Os estudantes A<sub>12</sub> e A<sub>14</sub> responderam:

*“Tiago porque ele comeu mais feijão que é ferro e também mais carne que é forte também” (Aluno A<sub>12</sub>).*

*“Tiago consumiu mais. Por causa do feijão e do bife tem mais energético” (Aluno A<sub>14</sub>).*

Vemos que esses dois alunos também não se valeram da tabela da energia dos alimentos nas suas respostas.

Confrontando os resultados das tabelas 7 (pré-teste) e 34 (pós-teste), constatamos que quatro alunos ( $A_1$ ,  $A_7$ ,  $A_{12}$  e  $A_{14}$ ) continuam apresentando o obstáculo da experiência primeira, visto que ainda recorrem aos seus conhecimentos empíricos adquiridos no dia-a-dia. No entanto, observamos que quatorze alunos ( $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_5$ ,  $A_8$ ,  $A_9$ ,  $A_{10}$ ,  $A_{11}$ ,  $A_{13}$ ,  $A_{15}$ ,  $A_{16}$ ,  $A_{17}$ ,  $A_{18}$ ,  $A_{19}$ ,  $A_{20}$  e  $A_{21}$ ) que no pré-teste não usavam os termos da Física Térmica, no pós-teste passaram a empregá-los.

Vale salientar, também, que aos dois alunos ( $A_2$  e  $A_{20}$ ), que no pré-teste utilizaram a tabela de energia dos alimentos, se somaram mais três ( $A_5$ ,  $A_8$  e  $A_9$ ), como podemos observar pelo resultado do pós-teste. Assim, é possível que esses cinco alunos estejam desenvolvendo a capacidade de utilizar a referida tabela.

Tabela 34 – Manifestação de obstáculos epistemológicos no pós-teste.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Quase não manifestou obstáculos	$A_2$ , $A_3$ , $A_4$ , $A_5$ , $A_8$ , $A_9$ , $A_{12}$ , $A_{15}$ , $A_{16}$ , $A_{17}$ , $A_{18}$ , $A_{19}$ , $A_{20}$ , $A_{21}$	14	66,67
Manifestou obstáculos	$A_1$ , $A_6$ , $A_7$ , $A_{10}$ , $A_{11}$ , $A_{13}$ , $A_{14}$	07	33,33
Total		21	100,00

Os critérios que utilizamos para enquadrar os alunos na tabela 34 estão descritos a seguir:

- Na categoria “Quase não manifestou obstáculos” colocamos os estudantes que em suas respostas as questões pós-teste apresentaram um ou dois obstáculos epistemológicos;
- Na categoria “Manifestou obstáculos” os aprendizes que em suas respostas às questões do pós-teste apresentaram três ou mais obstáculos epistemológicos.

Conforme a tabela 34, constatamos que quatorze alunos ( $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_5$ ,  $A_8$ ,  $A_9$ ,  $A_{12}$ ,  $A_{15}$ ,  $A_{16}$ ,  $A_{17}$ ,  $A_{18}$ ,  $A_{19}$ ,  $A_{20}$  e  $A_{21}$ ) quase não manifestaram obstáculos epistemológicos nas suas respostas do pós-teste. Enquanto que, sete estudantes ( $A_1$ ,  $A_6$ ,  $A_7$ ,  $A_{10}$ ,  $A_{11}$ ,  $A_{13}$  e  $A_{14}$ ) manifestaram. Logo, é possível que esses quatorze aprendizes estejam em processo de elaboração dos conhecimentos que foram trabalhados nas aulas.

## 5. CONCLUSÕES

Os alunos que participaram desta pesquisa começaram a vivenciar a primeira fase do ciclo da experiência kellyana, a antecipação, ao responderem ao pré-teste. Ao mesmo tempo em que os estudantes respondiam a esse questionário eles iam construindo réplicas do assunto que iria ser estudado. Assim, através desse instrumento, os aprendizes expressaram as suas idéias prévias, as quais nos permitiram identificar alguns obstáculos epistemológicos à evolução dessas concepções para o conhecimento científico. Constatamos ao final da análise do pós-teste que quatorze alunos pesquisados (66,67%) quase não manifestavam obstáculos epistemológicos, enquanto que os restantes (33,33%) manifestavam. Esses resultados nos revelam o quanto é difícil remover um obstáculo epistemológico. Mesmo assim podemos constatar que esses quatorze aprendizes, que no pré-teste não empregavam termos da Física térmica em suas respostas, após as intervenções passaram a empregá-los.

Este trabalho teve dois objetivos específicos: avaliar se os alunos desenvolveram algumas competências relacionadas ao conceito de calor e identificar se é possível aplicar o ciclo da experiência kellyana utilizando os textos de “Leituras de Física”. Com relação ao primeiro podemos constatar que:

- Após os encontros, realizados na terceira intervenção, os alunos estavam desenvolvendo a competência de compreender, por meio de situações práticas do cotidiano, o calor como energia transferida entre sistemas de diferentes temperaturas;
- Depois da quarta intervenção nove estudantes (42,86%) apresentaram a capacidade de reconhecer os diferentes processos de troca de calor em situações práticas do cotidiano e 100% tinham desenvolvido a competência de identificar, em função da sua utilização no mundo vivencial, os materiais bons e maus condutores térmicos;
- O pequeno progresso que obtivemos em relação à utilização das tabelas de energia fornecida pelos alimentos e de coeficientes de condutividade térmica, deve-se ao fato de que, nas situações de aprendizagem vivenciadas, os alunos não foram impelidos a utilizar as referidas tabelas. Logo, estávamos solicitando aos educandos que integrassem os conhecimentos em competências, sem que eles possuíssem meios para isso.

Quanto ao segundo objetivo específico, constatamos que os resultados estão vinculados à forma como as leituras dos textos foram trabalhadas na fase de investimento. No início dessas fases, quando utilizamos o texto “Medidas de temperatura”, como recurso didático na fase de investimento, percebemos que os alunos pesquisados não conseguiram assimilar nada ou quase nada das informações que essa leitura continha. Mesmo assim, continuamos insistindo, e os estudantes fizeram as outras quatro leituras do tema “Medidas e controle de temperatura”. Quando passamos para a leitura do primeiro texto do tema “Fontes e trocas de calor”, constatamos que um pouco mais da metade desses aprendizes (52,38%) tinham se apropriado das informações contidas no texto “Sol: a fonte da vida”. Isso nos levou a inferir que esses alunos estavam, também, desenvolvendo a capacidade de leitura e interpretação de texto, ainda que essa competência não fosse objeto desta pesquisa. Esse resultado nos permitiu propor formas diferentes de trabalhar esses textos, em uma outra pesquisa:

- É interessante que o professor também participe da leitura com o grande grupo, realizando pausas para discussões e esclarecimentos, proporcionando, assim, uma espécie de “tradução” do texto;
- O professor de português poderia utilizá-los, em suas aulas, pois conhecimento da morfologia e da sintaxe desses textos, certamente, ajuda a compreendê-los. Essa parceria também representaria para o professor de Física, que tem sua carga horária reduzida, uma certa extensão de suas aulas;

Ainda com o intuito de conseguir otimizar a sua carga horária reduzida, deixamos como sugestão, para um outro trabalho, que o professor de Física utilize esses textos num projeto interdisciplinar, envolvendo a Matemática e a Língua Portuguesa.

É interessante observar que o texto que foi empregado na quarta intervenção nas fases de confirmação/desconfirmação e revisão construtiva contribuiu para evolução da concepção dos aprendizes sobre processos de propagação de calor e materiais bons e maus condutores térmicos.

Mesmo enfrentando problemas que são comuns aos educadores dessa escola, como paralisações e antecipação de aulas devido à falta de algum professor, dificuldades, que possivelmente, são encontradas em outros estabelecimentos de ensino da rede pública estadual de Pernambuco, as análises desses resultados indicam que os textos de “Leituras de

Física”, utilizados num ciclo da experiência kellyana, contribuíram não só para o desenvolvimento de algumas competências relacionadas ao conceito de calor, como também permitiram que os alunos avançassem na capacidade de leitura e interpretação de textos. Assim, a metodologia empregada nesta pesquisa, além de familiarizar os educandos com a linguagem particular da Física, possibilitou o desenvolvimento de competências necessárias para analisar e interpretar notícias científicas.

## REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BASTOS, H.F.B.N. Reflexões sobre as bases teóricas do ensino de ciências. Recife: UFRPE, 1996. Mimeografado.
- BASTOS, H.F.B.N. **A teoria do Construto Pessoal**. Recife: UFRPE, 1998. Mimeografado.
- BERNSTEIN, B. A pedagogização do conhecimento: estudos sobre recontextualização. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 120, p. 75-110, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cp/n120/a06n120.pdf>>. Acesso em : 18 jan. 2005.
- BRASIL. Ministério de Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio. Brasília: MEC, 2002.
- FERREIRA, N. O. **Utilizando o ciclo da experiência de Kelly para investigar a compreensão do comportamento da luz**. 2005 150 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.
- FIGUEIREDO, A.; PIETROCOLA, M. **Calor e temperatura**. São Paulo: FTD, 2000.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física 2**: física térmica/óptica/GREF. 3.ed. São Paulo: USP, 1996.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Leituras de física**: física térmica. São Paulo, 1998. Disponível em < <http://axpfep1.if.usp.br/~gref/pag01.htm> >. Acesso em: 25 nov. 2004.
- KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. A contribuição da física para um novo ensino médio. **Física na Escola**, São Paulo, v.4, n.2, p. 22-27, out. 2003.
- KELLY, George A. **A theory of personality**: the psychology of personal constructs. New York: W.W. Norton , 1963.
- LAVILLE, C. **A construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Artes Médicas; Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1999.
- MACEDO, M. A. R. **A utilização da história da física como estratégia educacional no estudo do movimento retilíneo uniformemente variado**. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

- PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.
- PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.
- OLIVEIRA, M. M. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. Recife: Bargaço, 2003.
- RESNICK, R.; HALLIDAY, D. **Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980. 2v.
- RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. **Física na Escola**, São Paulo, v.4, n. 1, p. 8-11, maio 2003.
- SANTOS, M.A.B. **Difração de elétrons: concepções de licenciados em física e possíveis mudanças através do ciclo da experiência kellyana**. 2005. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Escola: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/2005

Nome do Aluno(a): \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

QUESTIONÁRIO: (pré-teste e pós-teste)

Obs: As tabelas em anexo foram retiradas do material Leituras de Física, elaborado pelo Grupo de Reelaboração do ensino de Física do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, utilize-as se achar necessário.

- 1) Por que quando se passa álcool na pele, sente-se que ela esfria naquele local?

---

---

---

---

---

- 2) Sua mão, mantida próxima a um bloco de gelo, sente frio. O gelo irradia frio (<http://www4.prossiga.br/lopes/prodcien/fisicanaescola/cap16-7.htm>)?

---

---

---

---

---

- 3) As panelas de argila são sempre preferidas para cozinhar e servir alimentos que devem ser consumidos bem quentes, como moquecas. Elas mantêm a temperatura alta por

mais tempo que uma panela de alumínio. Se colocarmos a mesma quantidade de água em duas panelas de mesmas dimensões, uma de argila e outra de alumínio, e as levarmos a chamas idênticas, em qual a água ferverá primeiro? Justifique (FIGUEIREDO e PIETROCOLA, 2000, p.13):

---

---

---

---

- 4) Uma garrafa e uma lata de cerveja permanecem durante certo tempo, no interior de uma geladeira. Esse tempo é suficiente para que ambas estejam à mesma temperatura e em equilíbrio térmico com o interior da geladeira. Entretanto, ao retirarmos os dois recipientes da geladeira temos a impressão de que a lata está mais fria que a garrafa. Como você explica esse fato (GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, 1996, p.77)?

---

---

---

---

- 5) As garrafas térmicas são úteis para conservar bebidas tanto quentes como geladas. Essas garrafas são constituídas de um recipiente de vidro de paredes duplas, espelhadas interna e externamente. Em sua fabricação retira-se quase todo ar existente entre elas. Explique por que essas paredes permitem à garrafa servir de isolante térmico (GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, 1996, p.77).

---

---

---

---

- 6) Dois amigos foram almoçar e compuseram os seus pratos da seguinte maneira:  
Tiago – 4 colheres de sopa de feijão, 2 colheres de sopa de arroz, 2 bifês de 100 g e 100 g de batata frita;

Manuel –3 colheres de sopa de feijão, 5 colheres de sopa de arroz, 2 filés de peixe frito e 100 g de batata frita.

Qual dos dois amigos consumiu uma refeição mais energética? Justifique sua resposta.

---



---



---



---

**Tabela 1**

Alimentos	Porções (100 g)	Energia (Kcal)
leite de vaca cru	meio copo	63
queijo branco fresco	uma fatia	243
pão	duas unidades	269
ovo	duas unidades	163
carne de vaca (magra)	duas unidades	146
peixe de mar frito	dois filés	371
arroz cozido	3 colh. (sopa)	167
feijão cozido	5 colh. (sopa)	67
mamão	1 fatia	32
Coca-cola	meio copo	39
batata frita	2 unidades	274

**Tabela 2**

Substância	Coefficiente de condut. térm. (cal/s.cm.°C[20°C])
água	$0,15 \times 10^{-3}$
ar	$0,006 \times 10^{-3}$
aço	$11,00 \times 10^{-3}$
alúminio	$49,00 \times 10^{-3}$
amianto	$0,02 \times 10^{-3}$
cerâmica	$0,11 \times 10^{-3}$
chumbo	$8,30 \times 10^{-3}$
cobre	$92,00 \times 10^{-3}$
concreto	$0,2 \times 10^{-3}$
cortiça	$0,04 \times 10^{-3}$
ferro	$16,00 \times 10^{-3}$
fibra de vidro	$0,0075 \times 10^{-3}$
gelo (a 0°C)	$0,22 \times 10^{-3}$
latão	$26,00 \times 10^{-3}$
madeira	$0,02 \times 10^{-3}$
mercúrio	$1,97 \times 10^{-3}$
tijolo	$0,3 \times 10^{-3}$
vidro	$0,25 \times 10^{-3}$
poliestireno	$0,0075 \times 10^{-3}$

**Tabela 3**

Substância	Calor específico (pressão constante) (cal/g.°C)
água a 20°C	1
água a 90°C	1,005
álcool	0,6
alúminio	0,21
ar	0,24
chumbo	0,031
cobre	0,091
ferro	0,11
gelo	0,5
hidrogênio	3,4
latão	0,092
	0,6
madeira (pinho)	
mercúrio	0,03
nitrogênio	0,247
ouro	0,032
prata	0,056
tijolo	0,2
vapor d'água	0,48
vidro	0,2
zinco	0,093

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA SEGUNDA INTERVENÇÃO

Consulte o texto “sol: a fonte da vida”, e responda as seguintes questões :

1. Qual a energia que os vegetais utilizam para produzir os alimentos?
2. Segundo o texto a energia necessária as nossas atividades provém dos alimentos.  
Explique como o organismo humano obtém essa energia.
3. Explique como se pode medir a quantidade de energia contida nos alimentos.
4. O que é caloria?

## APÊNDICE C- QUESTIONÁRIO DA TERCEIRA INTERVENÇÃO

Explique com suas palavras o que você entende por:

- a) Calor;
- b) Sistema;
- c) Fontes de calor;
- d) Equilíbrio térmico;
- e) Temperatura.

## APÊNDICE D - ARTIGO

---

**UTILIZANDO O CICLO DA EXPERIÊNCIA KELLYANA PARA PROMOVER A EVOLUÇÃO DAS CONCEPÇÕES SOBRE A PROPAGAÇÃO DO CALOR.**

---

Maria Alice Farias de Moraes Lyra  
Heloisa Flora B. N. Bastos  
Ernande Barbosa da Costa  
Departamento de Educação - UFRPE  
Recife, PE

**Resumo**

A concepção de calor encontra-se bastante relacionada ao cotidiano dos alunos, sendo importante para a compreensão do conceito de energia. Assim, esse tema se mostra oportuno para ser trabalhado dentro da perspectiva de um ensino de Física que ao levar em consideração a realidade dos alunos, contribui para prepará-los para o mundo que os espera. Um ensino em que os aprendizes se apropriem dos conhecimentos físicos da mesma forma como se faz ciência, isto é, que desenvolva nos estudantes as capacidades de: construir teorias, testá-las e revisá-las a fim de gerar explicações e previsões. Este trabalho relata parte de um estudo desenvolvido numa dissertação de mestrado, que teve como finalidade analisar o uso, por alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola pública, de um texto didático sobre o conceito de calor, numa abordagem kellyana. Dessa forma, apresentamos a evolução das concepções, desses alunos, sobre os processos de propagação de calor e também sobre bons e maus condutores térmicos.

Palavras chaves: ensino de física, ciclo da experiência kellyana, propagação de calor, condutores térmicos.

## **Abstract**

The conception of heat is well related to students' everyday life and is important to understand the concept of energy. Thus, this theme is adequate to be considered in a perspective of physics teaching which takes into account students' reality, preparing them to face the world. A teaching in which the learners develop physical knowledge in a way similar to that used by science, that is, by constructing theories, testing and reviewing them in order to create explanations and predictions. This work describes part of a study presented in a master degree dissertation, which analyzed the use, by high school students, of a didactic text about the concept of heat, in a kellyan approach. In it we present the results related to the evolution of students' conceptions about the processes of heat propagation and about good and bad heat conductors.

Keywords: physics teaching, kellyan cycle of experience, heat propagation, heat conductors.

## **I. Introdução**

Cada vez mais a ciência e a tecnologia são incluídas nas atividades produtivas e nas relações sociais. Esses eventos exigem, não só que as pessoas estejam continuamente se atualizando, mas também que elas, diante dessas modificações, sejam capazes de tomar decisões e intervir socialmente. Assim, para formar cidadãos desses novos tempos, é interessante que o ensino de Física procure valorizar o desenvolvimento de capacidades que preparem os nossos jovens para a sociedade que os espera! Para tanto, convém que os conhecimentos físicos sejam ensinados de modo que o aprendiz possa interpretá-los e transferi-los para diferentes contextos (BRASIL, 2002).

Um indivíduo mobiliza conhecimentos, habilidades e crenças quando decide enfrentar uma determinada situação (PERRENOUD, 2000). A forma como cada um é capaz de recorrer a esses recursos cognitivos é delimitada pela interpretação que cada pessoa faz da realidade.

Segundo Kelly (1963), o ser humano age como um cientista, cria teorias pessoais para entender a realidade e antecipar eventos. Porém, essas teorias podem ser modificadas quando se confrontam com acontecimentos que as testam, por isso, elas podem ser consideradas como hipóteses abertas à reconstrução. Para esse teórico, a aprendizagem se dá da mesma forma, isto é, os conhecimentos que uma pessoa constrói através de suas experiências podem ser modificados quando ela vivencia outras experiências. Essa experiência, porém, “... não é um simples encontro com um evento, mas um ciclo contendo cinco fases: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.4).

O calor que provém do sol, das reações químicas, do atrito e de outras fontes, é uma energia muito presente em nossas vidas. Além da sensação de quente ou frio que nos causa, ele é utilizado, pelo homem, de diversas formas, como secar roupas e cozinhar. Na indústria, ele é empregado para separar os metais e também para produzir tecido, vidro, entre outros produtos. Nos transportes, o calor produzido na queima de combustíveis em motores movimenta automóveis, navios e aviões. Nas usinas termoelétricas e nucleares, o calor faz girar turbinas que movimentam geradores para produzir eletricidade. Conhecer os fenômenos que envolvem o calor, trocas de calor e de transformações de energia térmica em mecânica, permite-nos entender a formação dos ventos, o aquecimento do clima, o funcionamento da geladeira e de outras máquinas térmicas, possibilitando, dessa forma, uma compreensão melhor do mundo em que vivemos.

Duas razões nos motivaram a escolher esse tema para pesquisar. A primeira é devida à constatação de que a concepção de calor encontra-se bastante relacionada ao cotidiano dos alunos e a segunda está ligada ao fato desse conhecimento auxiliar e ampliar a compreensão do conceito de energia.

Nesse sentido, este trabalho relata parte de um estudo desenvolvido numa dissertação de mestrado, que teve como finalidade analisar o uso, por alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola pública, de um texto didático sobre o conceito de calor, numa abordagem kellyana. Dessa forma, investigamos a evolução das concepções, desses alunos, sobre os processos de propagação de calor e também sobre bons e maus condutores térmicos.

Bachelard (1996) afirma que os estudantes, ao entrarem nas aulas, trazem consigo conhecimentos empíricos já constituídos, os quais representam obstáculos a serem superados, na evolução do conhecimento para o conhecimento científico. A partir do diagnóstico desses conhecimentos prévios nos baseamos no ciclo da experiência kellyana para planejar uma intervenção didática que incluiu leitura de um texto, realização de experimentos e a elaboração, pelos alunos, de um relatório sobre as experiências.

O texto empregado nessa intervenção faz parte do material “Leituras de Física”, produzido pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP). Esse material, que se encontra disponível na internet<sup>3</sup>, contempla as áreas de Mecânica, Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo. A área da Física Térmica é desenvolvida através de quatro temas: “Medida e controle de temperatura, Fontes e trocas de calor, Transformações térmicas e Máquinas térmicas”. Em cada tema, encontramos um conjunto de leituras, organizadas em quatro páginas cada, compostas por uma abertura, uma seção de investigações e estudos e, finalmente, um complemento, que pode conter exercícios ou mais informações sobre o tema. Optamos por esse material porque as suas leituras abordam os assuntos a partir do cotidiano do aluno.

Nesta intervenção utilizamos o texto “Calor e conforto”, que compõe o conjunto das oito leituras que trabalham o tema “Fontes e trocas de calor”, em dois momentos. O primeiro, como um recurso de leitura e o segundo, como a fonte de consulta em que o aluno construiu a fundamentação teórica do seu relatório. Dessa forma, neste estudo iremos avaliar como esse texto, utilizado no ciclo da experiência kellyana, contribuiu para a evolução das concepções dos aprendizes sobre os conceitos já citados anteriormente.

Com este trabalho, ao utilizarmos o ciclo da experiência kellyana, esperamos estar contribuindo para um ensino de Física em que os alunos se apropriem dos conhecimentos físicos da mesma forma como se faz ciência, isto é, através de questionamentos e levantamentos de hipóteses, que podem ser testadas e revisadas.

---

<sup>3</sup> <<http://axpfep1.if.usp.br/~gref/pag01.htm>>

## II. Teoria do construto pessoal

A teoria do construto pessoal de Kelly é baseada numa postura filosófica denominada, por ele mesmo, de alternativismo construtivo, a qual afirma : “Nós assumimos a posição de que sempre existem algumas construções alternativas disponíveis a serem escolhidas ao lidar com o mundo” (KELLY, 1963, p.15, tradução livre).

Kelly supõe que existe um mundo real, independente do pensamento das pessoas, embora a correspondência entre o que as pessoas pensam que existe e o que realmente existe esteja sempre mudando. Sua idéia de um universo integral significa que ele funciona como uma unidade singular, na qual todas as partes têm uma exata relação com as demais. A ligação entre essas relações é feita pelo tempo, que é uma grandeza que deve ser sempre levada em conta se quisermos observar mudanças (MOREIRA, 1999).

Através da metáfora do “homem-cientista”, Kelly declara que o ser humano age como os cientistas, ou seja, constrói teorias pessoais para entender a realidade e antecipar eventos, que são testadas por meio de critérios que a própria pessoa define, confirmando ou desconfirmado suas expectativas. Desse modo, essas teorias pessoais precisam ser vistas como hipóteses abertas à reconstrução. Vivemos, então, num universo real, mas não nos limitamos a responder a seus estímulos, porque temos a capacidade de representá-lo através de construções alternativas, de acordo com as nossas experiências pessoais e modificá-las por experimentações sucessivas (BASTOS, 1998).

A Teoria do Construto Pessoal foi elaborada com um postulado e onze corolários. O postulado fundamental afirma que: “os processos de uma pessoa são psicologicamente canalizados pelas formas como ela antecipa eventos” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.2).

Dentre os corolários dessa teoria, iremos mencionar somente três, que são de interesse para este trabalho:

a) Corolário da construção

“Uma pessoa antecipa eventos construindo suas réplicas” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.2).

A pessoa constrói réplicas da realidade para tentar prever os eventos.

b) Corolário da individualidade

“As pessoas se diferenciam umas das outras nas construções de eventos” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.2).

Pessoas diferentes que observam um mesmo fenômeno percebem coisas distintas e por isso, cada uma pode compreendê-lo de forma diferente. Em relação ao processo de ensino-aprendizagem, este corolário alerta-nos para o fato de que cada aluno constrói, a seu modo, a sua réplica, ainda que todos estejam observando o mesmo evento (BASTOS, 1998).

c) Corolário da experiência

“O sistema de construção de uma pessoa varia quando ela sucessivamente constrói as réplicas de eventos” (KELLY, 1970, *apud*, BASTOS, 1998, p.3).

Este corolário expressa a idéia de Kelly sobre aprendizagem, a qual é resultado das tentativas dessa pessoa de lidar com eventos, com suas experiências. Assim, para que haja uma experiência é preciso que a pessoa se engaje em um ciclo, o ciclo da experiência kellyana (CEK), que se inicia com a fase da antecipação, quando a pessoa usa seu sistema de construção para tentar antecipar eventos. Na fase seguinte, dependendo da capacidade do indivíduo de construir a réplica do evento, ele vai investir, buscando informações, procurando se preparar para a fase do encontro com o evento. Através do encontro propriamente dito, checa as suas teorias pessoais, o que o conduz à confirmação ou desconfirmação das mesmas, passando assim, para a etapa da revisão dos pontos que criaram problemas. Essas revisões é que permitem as construções de novas relações no sistema cognitivo (BASTOS, 1998).

A teoria kellyana enfatiza a forma pessoal que cada indivíduo tem de construir a sua interpretação do mundo real, a fim de prever e controlar os eventos. Assim, ela considera que cada pessoa possui um sistema cognitivo único e é responsável pelas mudanças que possam ocorrer no mesmo.

Para Kelly (1963), o conhecimento é construído pessoalmente através de experiências que o indivíduo vivencia. Dessa forma, por mais que o professor tente influenciar, a decisão de mudar cabe somente ao aluno. Nesse aspecto, é preciso que o aprendiz seja um sujeito ativo e o professor assuma a função de elaborar e administrar situações que estimulem a opção pela

mudança. Neste trabalho, criamos e administramos situações em que os alunos, após vivenciarem as cinco fases do CEK, decidiram mudar ou não os seus conceitos na direção dos conceitos científicos. Para analisar os conhecimentos já constituídos na mente dos nossos alunos, recorreremos à noção de Bachelard sobre obstáculos epistemológicos.

### **III. Concepções prévias como obstáculos epistemológicos**

Um conhecimento do senso comum, que não é questionado, representa um obstáculo epistemológico à evolução do pensamento científico (BACHELARD, 1996).

Segundo Bachelard (1996, p.17), “é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos”.

A experiência primeira, aquela que é colocada antes e acima da crítica, constitui-se no primeiro obstáculo à formação do espírito científico. De fato, a observação primeira (experiência primeira) nos parece tão concreta e natural, que julgamos que a compreendemos. Contudo, a visão empírica por si só, sem a regulação do pensamento reflexivo, não propicia o exato conhecimento do fenômeno (BACHELARD, 1996).

As observações primeiras são típicas do período pré-científico do século XVII. Nessa época, as experiências eram verdadeiros espetáculos de curiosidade, repletos de imagens e encantamentos. Esse empirismo sedutor apresentou-se como um obstáculo à cultura científica, porque ao substituir o conhecimento pela admiração e as idéias pelas imagens, “... retira do pensamento científico o sentido de problema, logo, a mola do progresso” (BACHELARD, 1996, p.36).

Da mesma forma que a experiência primeira representa um obstáculo inicial para a cultura científica, os conhecimentos empíricos dos adolescentes se apresentam como obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1996).

No período pré-científico, não só as experiências, mas também os livros funcionavam como obras de divulgação das descobertas científicas e abordavam os temas, relacionando-os com o cotidiano das pessoas (BACHELARD, 1996).

Recentemente, Kawamura e Hosoume (2003, p.23), verificaram, nos livros didáticos tradicionais, “... a ausência de muitos dos conhecimentos necessários para a compreensão do mundo contemporâneo”. Assim, permanece muito atual a declaração escrita por Bachelard no final da década de trinta, que afirma o seguinte:

Os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranha persistência dos programas dos exames universitários, chega a passar como *natural*; mas não é; já não é natural. Já não é a ciência da rua e do campo (BACHELARD, 1996, p.30).

Um outro obstáculo, que para Bachelard (1996) é um dos mais difíceis de serem superados, é o obstáculo substancialista, que surge quando se procura atribuir à substância qualidades diversas. Nesse caso, “... o fenômeno imediato será tomado como sinal de uma propriedade substancial: toda a busca científica logo será interrompida; a resposta substancialista abafa todas as perguntas” (BACHELARD, 1996, p.128).

Portanto, se um aluno emprega uma substância ou as qualidades ligadas a ela para justificar uma resposta, isso indica que suas idéias sobre o fenômeno não são muito precisas e por isso elas se constituem num obstáculo substancialista, que impede que o aprendiz se aproxime do conhecimento científico a ensinar.

O ato de conhecer não é estático e sim dinâmico, é somente “... destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 1996, p.17), que o aluno pode evoluir para o pensamento científico.

Dessa maneira, ao adotar uma postura que considera a Física como uma ciência previamente determinada, o professor enfatiza a utilização de cálculos em situações padronizadas que não têm relação com o cotidiano dos alunos (MACEDO, 2003).

Por outro lado, é recente a visão filosófica que considera a ciência como *inacabada*, já que hipóteses que foram por muito tempo duvidosas, podem ser revistas, permitindo que o pensamento se modifique (BACHELARD, 1996).

Também os tempos atuais exigem novas formas de abordagens, que propiciam ao aprendiz a capacidade de pensar e agir sobre o mundo. Logo, é interessante trabalhar a partir das representações prévias dos alunos, planejando, assim, situações de aprendizagem, que permitam que eles façam reflexões e questionamentos e, dessa forma, se distanciem da vida cotidiana e comecem a construir um espaço conceitual que lhes forneça uma outra maneira de representar a realidade.

#### **IV. Metodologia**

Esta pesquisa foi conduzida com alunos do segundo ano do ensino médio do turno da manhã de uma escola estadual de Pernambuco, no município do Recife. A turma era composta por trinta e cinco alunos, dos quais apenas vinte um foram considerados, por participarem de todas as etapas da pesquisa.

Duas razões contribuíram para a escolha desse estabelecimento de ensino: a primeira se deve ao fato de um dos autores deste trabalho atuar no mesmo como professor e a segunda está relacionada à constatação de que os alunos não dispunham de livros didáticos para a disciplina de Física. Assim, durante a realização da pesquisa, o professor enfrentou todos os problemas que são comuns aos educadores dessa escola. Ocorreram situações em que o professor teve que antecipar as aulas do dia por causa da falta de um outro profissional e era impossível ele estar em dois lugares ao mesmo tempo. Houve dias em que as aulas foram adiadas devido a paralisações ou outros eventos. Enfim, dificuldades, que possivelmente, são encontradas em outras escolas da rede pública estadual de Pernambuco.

Por julgarmos importante compreender as idéias dos educandos pesquisados, neste trabalho optamos por uma abordagem qualitativa, a qual nos permitiu descrever e interpretar a rica diversidade das concepções desses estudantes. Como estratégia de

pesquisa, escolhemos o método de estudo de caso, que nos permitiu explorar e explicar a complexa dinâmica de uma sala de aula.

A pesquisa completa abordou os dois temas “Medidas e controle de temperatura” e “Fontes e trocas de calor” e suas respectivas leituras. Foram realizadas quatro intervenções, organizadas da seguinte maneira:

- Primeira intervenção: em duas aulas geminadas (cinquenta minutos cada), aplicamos o pré-teste, para identificar as concepções prévias e os obstáculos epistemológicos dos alunos a respeito do conceito de calor, assim como para verificar se eles eram capazes de utilizar tabelas de energia fornecida pelos alimentos e de coeficientes de condutividade térmica. Nas doze aulas restantes, trabalhamos os conceitos de calor, temperatura e dilatação, utilizando os cinco textos que compõem o tema “Medidas e controle de temperatura” em atividades que promoviam suas leituras;
- Segunda intervenção: em duas aulas de cinquenta minutos cada, utilizamos o texto “Sol: a fonte da vida” para que os alunos baseados nele respondessem a algumas questões e, assim, trabalhassem o conceito de caloria e desenvolvessem a capacidade de utilizar e compreender a tabela de energia fornecida pelos alimentos;
- Terceira intervenção: os alunos leram “O Sol e os combustíveis” e, baseados nesse texto, elaboraram e responderam perguntas, realizando um investimento nos conceitos de calor, fontes de calor, temperatura, equilíbrio térmico e caloria. Por fim, foi pedido aos aprendizes que expressassem com suas palavras o que eles tinham entendido de cada um desses conceitos. Todas essas atividades, que tiveram a duração de seis aulas, cada uma com cinquenta minutos, tinham por objetivo principal desenvolver a capacidade do aluno de compreender o calor como uma forma de energia que está sempre em trânsito.
- Quarta intervenção: foram realizadas atividades de leitura do texto “Calor e conforto”, executadas experiências e elaborado um relatório, em seis aulas de cinquenta minutos cada. Elas tinham por finalidade desenvolver, nos estudantes, duas capacidades: de reconhecer os diferentes processos de propagação de calor em situações práticas do cotidiano e identificar, em função da sua utilização no dia-a-dia, os materiais bons e maus condutores térmicos.

Antes de promovermos as cinco leituras que seriam trabalhadas na primeira intervenção, aplicamos um questionário (ver apêndice A), com seis questões abertas. A primeira pergunta tinha a finalidade de diagnosticar as concepções dos alunos sobre o conceito de calor. A segunda tinha por objetivo confirmar se os aprendizes compreendiam que o calor se propaga, espontaneamente, de um sistema de temperatura mais elevada para outro de temperatura menos elevada. A terceira e quarta questões pretendiam identificar se os alunos sabiam utilizar a tabela de coeficientes de condutividade térmica e apresentavam a noção de materiais bons e maus condutores de calor. A quinta questão tinha a intenção de verificar se os educandos conheciam os processos de propagação de calor. Finalmente, a sexta pergunta tinha a pretensão de averiguar se os estudantes eram capazes de utilizar a tabela da energia fornecida pelos alimentos. A opção por esse tipo de questionário (pré-teste) se deu por ser essa a forma mais simples e rápida de os alunos exporem as suas idéias, sem que houvesse interferência externa.

As quatro intervenções foram realizadas em trinta aulas de cinquenta minutos cada, sendo a carga horária de Física composta de três aulas por semana, duas aulas geminadas na segunda-feira e uma aula na quinta-feira. Este trabalho apresenta a avaliação tanto dos resultados obtidos na terceira e quinta questões do pré-teste, como aqueles alcançados após a quarta intervenção.

### **Procedimentos metodológicos**

A quarta intervenção ocorreu dez dias após o término da terceira, pois os alunos foram liberados das aulas para que participassem dos jogos interclasses. Foi realizada com a intenção de desenvolver duas capacidades: reconhecer os diferentes processos de propagação de calor em situações práticas do cotidiano e identificar, em função da sua utilização no mundo vivencial, os materiais bons e maus condutores térmicos. Para tanto, utilizamos seis aulas de cinquenta minutos cada. Durante as duas aulas da segunda-feira, foi pedido aos alunos que lessem em silêncio “Calor e conforto”. Depois, esse texto foi lido em voz alta e discutido com a turma. Como os aprendizes no pré-teste demonstraram não conhecer o assunto, achamos que essa leitura era uma boa maneira de apresentá-los a esses processos, proporcionando, também, que eles adquirissem informações relevantes para o encontro (fase do investimento).

Na semana seguinte, mais duas aulas geminadas foram utilizadas para a realização da fase do encontro, na qual executamos as seguintes experiências, na cozinha da escola:

- Numa barra de alumínio, a cinco centímetros de uma das extremidades, foi colocado um pingo de vela, através do qual se fixou uma tachinha. Esta operação foi repetida a cada três centímetros, até a última tachinha, a dez centímetros da outra extremidade. Nesta extremidade enrolou-se um pano, que permitiu segurar a barra com as tachinhas voltadas para baixo. Aproximou-se a outra extremidade de uma chama e, mantendo-a nessa posição, observou-se o que ocorria (primeira experiência).
- Depois de colocarmos confetes numa panela de vidro com água, levamo-la ao fogo para que a água entrasse em ebulição e os alunos observassem as correntes de convecção (segunda experiência).
- Numa forma retangular de alumínio, foram fixadas, com auxílio de massa de modelar, uma colher de madeira, uma de metal e outra de plástico. No cabo de cada colher, que ficava fora da forma, foi colocado um pouco de manteiga. Depois de derramada água quente na forma, esperou-se para ver em qual das colheres a manteiga derreteria primeiro e assim poder constatar qual desses materiais é melhor condutor de calor (terceira experiência).

Novamente, não houve aula na quinta-feira. Na segunda-feira que se seguiu, ocupando o espaço das duas aulas, foi solicitado aos alunos que, baseados no texto “Calor e conforto”, elaborassem um relatório sobre as experiências, no qual fariam uma reflexão, sobre as experiências a fim de confirmar ou desconfirmar as suas teorias e decidir se iriam revisar os pontos problemáticos das mesmas

A figura 1 mostra a relação entre as atividades da quarta intervenção e as fases do ciclo da experiência kellyana.

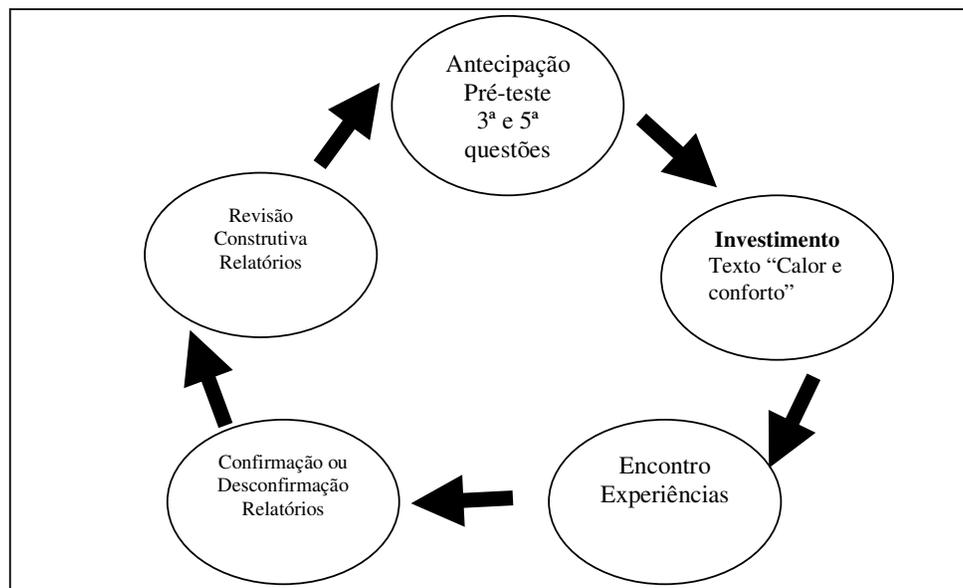


Figura 1 – Ciclo da experiência kellyana

## V.Resultados

Concentraremos nossa análise nas questões do pré-teste, que abordam, as noções de condutividade térmica e de propagação de calor (terceira e quinta questões).

Tabela 1 – Resultados da terceira questão do pré-teste: As panelas de argila são sempre preferidas para cozinhar e servir alimentos que devem ser consumidos quentes, como moquecas. Elas mantêm a temperatura alta por mais tempo que uma panela de alumínio. Se colocarmos a mesma quantidade de água em duas panelas de mesmas dimensões, uma de argila e outra de alumínio, e as levarmos a chamas idênticas, em qual a água ferverá primeiro? Justifique:

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Obstáculo substancialista	A <sub>1</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub>	08	38,10
Obstáculo da experiência primeira	A <sub>6</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>19</sub>	06	28,57

Calor específico	A <sub>2</sub> , A <sub>11</sub>	02	9,52
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>21</sub>	04	19,05
Branco	A <sub>5</sub>	01	4,76
Total		21	100,00

Pela tabela 1 verificamos que oito estudantes atribuíram ao alumínio ou à argila qualidades diversas, como podemos ver nos exemplos abaixo:

*“Porque a panela de alumínio é mais fina e transmite o calor mais rápido”* (Aluno A<sub>4</sub>).

*“A panela de argila condensa o calor mais rápido”* (Aluno A<sub>10</sub>).

Percebemos por essas respostas a manifestação do obstáculo substancialista, pois esses estudantes se valem da substância ou de uma qualidade da mesma para explicar o fenômeno (BACHELARD, 1996).

Seis alunos recorreram aos seus conhecimentos empíricos do dia-a-dia para justificar as respostas, como no exemplo a seguir:

*“Na de alumínio. Porque na de argila é para manter quente, a de alumínio esquentar rápido”* (Aluno A<sub>6</sub>).

As respostas deixam transparecer o obstáculo da experiência primeira, pois ao recorrer ao senso comum os alunos satisfazem as suas curiosidades, não havendo necessidade de buscar outras questões (BACHELARD, 1996).

Os alunos A<sub>2</sub> e A<sub>11</sub> utilizaram a tabela de calor específico para justificar a sua resposta, como vemos no exemplo a seguir:

*“Pela tabela eu acho que deve ser o alumínio porque calor específico (pressão constante) (cal/g °C) alumínio 0,21 e o tijolo 0,2 por esse fato eu acho que é o alumínio”* (Aluno A<sub>2</sub>).

Nesse caso, porém, esses alunos interpretaram o fato de ter um calor específico maior como condição para esquentar mais rápido. Verifica-se, portanto, que eles não conheciam o

significado do calor específico, uma vez que um valor maior implicaria em demorar mais para aquecer a substância.

As respostas de quatro aprendizes não apresentaram nenhum significado que pudesse ser enquadrado em nenhuma das categorias da tabela 1, como podemos observar nos exemplos abaixo:

*“A de alumínio porque com a temperatura de coeficiente e pressão constantes são muito altas” (Aluno A<sub>3</sub>).*

*“As duas panelas ferverá no mesmo tempo” (Aluno A<sub>14</sub>).*

A condutibilidade térmica é uma característica que está associada à rapidez com que uma substância troca calor com outra. Assim, um material que recebe ou libera calor rapidamente é considerado um bom condutor, do contrário, é denominado de isolante térmico. Ao analisarmos as respostas, percebemos que nenhum aprendiz valeu-se dessa característica ou utilizou a tabela de coeficientes de condutividade nas suas justificativas. Esse resultado confirmou que esses aprendizes não tinham estudado esse conceito, e por isso não o conheciam.

Tabela 2 – Resultados da quinta questão do pré-teste: As garrafas térmicas são úteis para conservar tanto bebidas quentes como geladas. Essas garrafas são constituídas de um recipiente de vidro de paredes duplas, espelhadas interna e externamente. Em sua fabricação retira-se quase todo ar existente entre elas. Explique porque essas paredes permitem à garrafa servir de isolante térmico.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Tautologias	A <sub>1</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>20</sub>	06	28,57
Obstáculo substancialista	A <sub>9</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>19</sub>	05	23,80
Obstáculo da experiência primeira	A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>15</sub>	03	14,29
Branco	A <sub>2</sub> , A <sub>4</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>16</sub>	04	19,05
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>21</sub>	03	14,29
Total		21	100,00

Constatamos pela tabela 2 que seis alunos acham que basta descrever o que lhe foi exposto, para explicar a resposta, conforme os exemplos a seguir:

*“Porque a área estar totalmente isolada, por isso que eu acho que ela conserve tanto frio como quente”* (Aluno A<sub>20</sub>).

Percebemos que as justificativas desses alunos são tautologias, pois eles, de uma forma diferente, repetem as mesmas idéias contidas no enunciado da quinta pergunta.

Cinco alunos atribuíram ao vidro ou a alguma característica dele o fato das paredes da garrafa servirem de isolante térmico, como podemos ver no exemplo abaixo:

*“Acho que é um tipo de vidro diferente e por ter duas paredes por isso é isolante”* (Aluno A<sub>18</sub>).

Visto que os aprendizes valem-se da substância ou de suas propriedades para justificar as suas respostas, identifica-se, então, a presença do obstáculo substancialista.

Observamos que os aprendizes A<sub>11</sub>, A<sub>15</sub> e A<sub>13</sub> recorrem às suas observações diárias para explicar as suas respostas, conforme os exemplos a seguir:

*“Porque são bem vedadas e abafam o ar conservando frio ou quente”*  
(Aluno A<sub>11</sub>).

*“Porque ela iguala a temperatura e não fica nem frio nem quente”*  
(Aluno A<sub>13</sub>).

Sendo assim, de acordo com o que já foi discutido nas análises dos resultados anteriores, percebe-se que esses alunos (14,29%) manifestaram o obstáculo da experiência primeira em suas respostas.

Constatamos, também, que as respostas dos alunos A<sub>3</sub>, A<sub>10</sub> e A<sub>21</sub>, cerca de 14,29%, não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 2, como podemos notar pelo exemplo a seguir:

*“Se ela for mantida aberta não existiria oxigênio suficiente para gelar ou esquentar o liquido do interior da garrafa”* (Aluno A<sub>10</sub>).

É importante ressaltar que nenhum aluno mencionou qualquer processo de troca de calor nas suas respostas, já que eles deveriam ter explicado que a quase inexistência de ar evita a troca de calor por condução e também por convecção e as paredes espelhadas, por refletirem a irradiação, impedem a propagação de calor por esse processo. Esses resultados comprovaram que os alunos ainda não tinham estudado esse assunto.

Passamos, agora, a examinar as informações contidas nos relatórios que os estudantes elaboraram sobre as experiências, para analisar as concepções dos alunos após a quarta intervenção.

Tabela 3 - Aspectos teóricos e práticos identificados pelos alunos na experiência de propagação de calor por condução

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Foi a condução em que o calor se propaga através dos sólidos	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>21</sub>	09	42,85
Quanto mais longe mais demora o calor a se propagar	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub>	06	28,58
Transcreveu os processos de propagação de calor, sem relacioná-los com os experimentos	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub> , A <sub>20</sub>	04	19,05
Outros	A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub>	02	9,52
Total		21	100,00

A tabela 3 nos mostra que nove alunos relacionaram a primeira experiência com o processo de condução de calor, como podemos ver no exemplo em seguida:

*“Foi a condução em que o calor se propaga através dos sólidos”*

(Aluno A<sub>8</sub>).

Esse tipo de resultado sugere que esses alunos estão conseguindo estabelecer a relação entre a teoria e a prática.

Por outro lado, seis alunos perceberam que o calor demora a ser transmitido à extremidade que está mais distante da fonte de calor. Vejamos o exemplo a seguir:

*“... porque quanto mais distante do início da barra, mais demora o calor a se propagar”* (Alunos A<sub>7</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>14</sub>).

Essas respostas sugerem que os alunos se concentraram na constatação do que aconteceu durante os experimentos e não conseguiram fazer a relação entre eles e a fundamentação teórica.

Quatro alunos simplesmente transcreveram trechos do texto “Calor e conforto” que explicam os processos de propagação de calor sem sequer vinculá-los a algum dos experimentos que foram realizados na cozinha da escola, como podemos constatar pelo exemplo abaixo:

*“Nos sólidos o calor é conduzido através do material”* (Aluno A<sub>18</sub>)

As respostas de dois alunos não puderam ser enquadradas em nenhuma das categorias da tabela 3. Vejamos o exemplo que se segue:

*“... a temperatura do fogo fez com que caísse a tacha em ordem porque a temperatura do fogo faz com que suba”* (Alunos A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub>).

Percebemos, por essas colocações, que esses dois alunos se expressam de uma forma confusa.

Esses resultados podem indicar que cerca de 42,85% tenham compreendido o processo de transmissão de calor por condução.

Tabela 4 – Aspectos teóricos e práticos identificados pelos alunos na experiência de propagação de calor por convecção.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Estabelece relação com o processo de convecção	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>21</sub>	09	42,86
Os papéis começaram a subir e descer porque a água estava em contato com o fogo ...	A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub>	04	19,05
Transcrevem trechos do texto sem relacioná-los aos experimentos	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub>	03	14,29
Os papéis se movimentam de acordo com o movimento da água	A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub>	02	9,52
A água ferveu e nos mostrou que a mais densa descia enquanto a menos densa subia	A <sub>20</sub>	01	4,76
Outros	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	02	9,52
Total		21	100,00

De acordo com a tabela 4, nove alunos fizeram a relação entre o processo de convecção e a segunda experiência, como podemos ver a seguir:

*“Foi a convecção que através dos líquidos fazem aquele movimento para cima e para baixo, quando estão mais ou menos densos”* (Aluno A<sub>8</sub>).

Notamos por essas respostas que esses alunos estabeleceram uma relação entre a experiência e a troca de calor por convecção.

Três alunos reproduziram o que o texto “Calor e conforto” relata sobre os processos de propagação de calor, sem, no entanto, relacioná-los aos experimentos realizados.

Quatro estudantes atribuem ao papel picado (confete) o movimento de convecção. Vejamos o exemplo a seguir:

*“... os papéis começam a subir porque a água estava esquentando em baixo, porque estava em contato com o fogo, quando o papel chega em cima ele vai se tornar pesado e desce, porque em cima estava frio (Alunos A<sub>7</sub>, A<sub>13</sub> e A<sub>14</sub>).*

Enquanto isso, os aprendizes A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub> identificam que os papéis acompanham o movimento da água, como podemos constatar pelo seguinte exemplo:

*“Mais quando a água fica toda quente todos os papéis se movimentam. Fazendo o movimento da água”.*

As respostas dadas por dois alunos (A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>) não se encaixam em nenhuma das categorias da tabela 6, conforme podemos observar pelo exemplo a seguir:

*“... quando o papel chega em cima ele desce porque em cima está frio”.*

Comparando os resultados das tabelas 3 e 4 observamos que são os mesmos, os nove alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub>) que fizeram a ligação da primeira e da segunda experiência com os seus respectivos processos de propagação de calor. Isso nos dá um indício de que é possível que esses alunos estejam desenvolvendo a capacidade de reconhecer tais processos.

Tabela 5 – Aspectos teóricos e práticos identificados pelos alunos na terceira experiência

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Por absorver melhor o calor o metal foi o melhor condutor térmico	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub>	08	38,09
Condução e isolante térmico	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>21</sub>	05	23,81
Isolante térmico	A <sub>9</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>19</sub>	03	14,29
Transcreve trechos do texto sem relacioná-los com o experimento	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub>	03	14,29
Condução	A <sub>8</sub>	01	4,76
A madeira e o plástico em comparação com os metais são maus condutores térmicos	A <sub>20</sub>	01	4,76
Total		21	100,00

Conforme a tabela 5, oito alunos identificaram, através da terceira experiência, que:

*“... mas como a colher de alumínio é um bom condutor faz com que a manteiga se derreta primeiro nela”* (Alunos A<sub>3</sub> e A<sub>6</sub>).

Eles observaram a relação que existe entre o metal e a sua propriedade de ser um bom condutor de calor.

Cinco alunos vincularam o terceiro experimento tanto com o processo de condução de calor quanto ao conceito de isolante térmico, como podemos constatar pelo exemplo abaixo:

*“O terceiro experimento tem o processo de condução, e isolante térmico”* (Aluno A<sub>5</sub>).

Esses estudantes seguiram as instruções dadas e, baseando-se no texto “Calor e conforto”, conseguiram identificar os dois aspectos principais desse experimento.

Três alunos (A<sub>9</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>19</sub>) ligaram o terceiro experimento somente ao conceito de isolante térmico. Vejamos no exemplo a seguir:

*“O terceiro experimento é isolante térmico que são materiais maus condutores de calor”* (Alunos A<sub>9</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>19</sub>).

Esses estudantes não levaram em consideração o processo de condução de calor.

Constatamos, também, que três aprendizes transcreveram o que estava escrito no texto sobre o processo de troca de calor por condução. Contudo, nenhum deles relacionou esse experimento ao processo de condução ou ao conceito de isolante térmico.

O aprendiz A<sub>8</sub> concentra sua atenção no processo de condução:

*“Foi também a condução não foi diretamente ao fogo mas o calor estava presente”.*

Ele não faz nenhuma referência ao conceito de isolante térmico.

O estudante A<sub>20</sub> explica em seu relatório que:

*“... a madeira e o plástico comparado com o metal são maus condutores de calor, pois demora muito par o calor se espalhar”.*

Ele compara os materiais e conclui que a madeira e o plástico são maus condutores térmicos.

Podemos perceber que todos os alunos pesquisados (100%) vincularam o terceiro experimento aos conceitos de condutividade térmica e/ou isolante térmico.

Confrontando os resultados das tabelas 3, 4 e 5, verificamos que nove alunos (A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>19</sub> e A<sub>21</sub>) fizeram de forma adequada a correspondência entre os experimentos e suas fundamentações teóricas.

Tabela 6 – Nível de evolução das concepções dos alunos após a quarta intervenção.

CATEGORIAS	ALUNOS	Nº de ALUNOS	%
Evoluiu bem	A <sub>4</sub> , A <sub>5</sub> , A <sub>8</sub> , A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> , A <sub>12</sub> , A <sub>15</sub> , A <sub>19</sub> , A <sub>21</sub>	09	42,86
Evoluiu pouco	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> , A <sub>6</sub> , A <sub>7</sub> , A <sub>11</sub> , A <sub>13</sub> , A <sub>14</sub> , A <sub>20</sub>	09	42,86
Nada podemos afirmar	A <sub>16</sub> , A <sub>17</sub> , A <sub>18</sub>	03	14,28
Total		21	100,00

Para classificar os estudantes na tabela 6, adotamos os seguintes critérios:

- Na categoria “evoluiu bem” enquadrámos os alunos que conseguiram relacionar todos os experimentos aos seus respectivos processos de propagação de calor e/ou aos conceitos de bons ou maus condutores térmicos;
- Na categoria “evoluiu pouco” encaixamos os aprendizes que conseguiram vincular o terceiro experimento ao processo de condução de calor e/ou aos conceitos de bons ou maus condutores térmicos;
- Na categoria “nada podemos afirmar” enquadrámos os educandos que reproduziram as informações do texto sobre os processos de troca de calor, sem conseguir relacioná-los aos experimentos.

Pela tabela 6, constatamos que as concepções de nove aprendizes, sobre os processos de propagação de calor, estavam evoluindo para o conhecimento aceito pela comunidade científica. Entretanto, o mesmo não podemos dizer sobre os doze alunos que restaram (A<sub>1</sub>,

A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub> e A<sub>20</sub>), ou porque eles evoluíram muito pouco ou porque eles se limitaram a transcrever as informações do texto.

Logo, as concepções de cerca de 42,86% dos alunos pesquisados se aproximaram do conhecimento científico sobre os processos de troca de calor. Por outro lado, 100% dos estudantes foram capazes de identificar os materiais bons e maus condutores térmicos.

## **VI. Conclusão**

Nesta pesquisa procuramos trabalhar o conceito de calor dentro da perspectiva de um ensino de Física que leve em consideração a realidade do aluno não só como um ponto de partida, mas também como um ponto no qual ele deve chegar com uma nova compreensão que transcende o cotidiano (RICARDO, 2003).

Para tanto, empregamos uma metodologia que pudesse estimular o desenvolvimento das competências de: construir teorias, testá-las e revisá-las, de modo que se possa gerar explicações e fazer previsões. Assim, optamos por uma abordagem kellyana para ensinar os conhecimentos físicos relacionados ao conceito de calor. Por isso, elaboramos uma intervenção baseada nas cinco fases do ciclo da experiência kellyana para que o aluno ao vivenciar todas essas fases pudesse decidir por revisar as suas concepções prévias, permitindo que elas evoluam e se aproximem do conceito científico.

As análises da terceira e quinta questões do pré-teste confirmaram o que nós já esperávamos, ou seja, que os alunos, por nunca terem estudado o assunto, desconheciam os processos de propagação de calor e também os conceitos de condutores e isolantes térmicos. Após a quarta intervenção verificamos que:

- 42,86% dos alunos pesquisados tinham desenvolvido a capacidade de reconhecer os processos de propagação de calor em situações práticas do cotidiano;
- todos os aprendizes pesquisados (100%) tinham desenvolvido a capacidade de identificar, em função da sua utilização no mundo vivencial, os materiais bons e maus condutores térmicos.

Por esses resultados constatamos que, mesmo enfrentando problemas que são comuns aos educadores dessa escola, como paralisações e antecipação de aulas devido à falta de algum professor, essa intervenção didática possibilitou a evolução das concepções dos alunos sobre os conceitos de condução, convecção, condutores e isolantes térmicos. Portanto, o uso do ciclo da experiência kellyana para planejar a intervenção correspondeu às nossas expectativas em relação à evolução das concepções dos alunos sobre os conceitos acima citados.

Com relação ao texto “Calor e conforto”, os dados acima indicam que da forma como o mesmo foi empregado na quarta intervenção, ele contribuiu como um bom recurso didático.

Esperamos que os resultados deste trabalho possam cooperar com a visão de um ensino de Física em que o aluno ao mesmo tempo em que integra os conhecimentos físicos no seu cotidiano, desenvolve a capacidade de continuar aprendendo.

### **Referências**

- BRASIL. Ministério de Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio. Brasília: MEC, 2002.
- PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.
- BASTOS, H.F.B.N. **A teoria do construto pessoal**. Texto. Recife: UFRPE, 1998. Mimeografado.
- KELLY, G.A. **A theory of personality: the psychology of personal constructs**. New York: W.W. Norton, 1963.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Leituras de física**: física térmica. São Paulo, 1998. disponível em < <http://axpfep1.if.usp.br/~gref/pag01.htm>>. Acesso em: 25 nov.2004.
- MOREIRA, M.A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio. **Física na Escola**, São Paulo, v.4, n.2, p. 22-27, out. 2003.
- MACEDO, M. A. R. **A utilização da história da física como estratégia educacional no estudo do movimento retilíneo uniformemente variado**. 2004. 122 f. Dissertação

(Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. **Física na Escola**, São Paulo, v.4, n. 1, p. 8-11, maio 2003.

FIGUEIREDO, A.; PIETROCOLA, M. **Calor e temperatura**. São Paulo: FTD, 2000.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física 2: física térmica/óptica/GREF**. 3.ed. São Paulo:USP, 1996.

## Apêndice A – Pré-teste

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Escola: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/2005  
Nome do Aluno(a): \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

### QUESTIONÁRIO: PRÉ-TESTE

Obs: As tabelas em anexo foram retiradas do material Leituras de Física, elaborado pelo Grupo de Reelaboração do ensino de Física do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, utilize-as se achar necessário.

- 1) Por que quando se passa álcool na pele, sente-se que ela esfria naquele local?

---



---



---



---



---

- 2) Sua mão, mantida próxima a um bloco de gelo, sente frio. O gelo irradia frio (<http://www4.prossiga.br/lopes/prodcien/fisicanaescola/cap16-7.htm>)?

---



---



---



---



---

- 3) As panelas de argila são sempre preferidas para cozinhar e servir alimentos que devem ser consumidos bem quentes, como moquecas. Elas mantêm a temperatura alta por mais tempo que uma panela de alumínio. Se colocarmos a mesma quantidade de água em duas panelas de mesmas dimensões, uma de argila e outra de alumínio, e as

levarmos a chamas idênticas, em qual a água ferverá primeiro? Justifique (FIGUEIREDO e PIETROCOLA, 2000, p.13):

- 
- 
- 
- 
- 4) Uma garrafa e uma lata de cerveja permanecem durante certo tempo, no interior de uma geladeira. Esse tempo é suficiente para que ambas estejam à mesma temperatura e em equilíbrio térmico com o interior da geladeira. Entretanto, ao retirarmos os dois recipientes da geladeira temos a impressão e que a lata está mais fria que a garrafa. Como você explica esse fato (GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, 1996, p.77)?

- 
- 
- 
- 
- 5) As garrafas térmicas são úteis para conservar bebidas tanto quentes como geladas. Essas garrafas são constituídas de um recipiente de vidro de paredes duplas, espelhadas interna e externamente. Em sua fabricação retira-se quase todo ar existente entre elas. Explique por que essas paredes permitem à garrafa servir de isolante térmico (GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA, 1996, p.77).

- 
- 
- 
- 
- 6) Dois amigos foram almoçar e compuseram os seus pratos da seguinte maneira:  
Tiago – 4 colheres de sopa de feijão, 2 colheres de sopa de arroz, 2 bifés de 100 g e 100 g de batata frita;  
Manuel – 3 colheres de sopa de feijão, 5 colheres de sopa de arroz, 2 filés de peixe frito e 100 g de batata frita.  
Qual dos dois amigos consumiu uma refeição mais energética? Justifique sua resposta.

Tabela 1

Alimentos	Porções (100 g)	Energia (Kcal)
leite de vaca cru	meio copo	63
queijo branco fresco	uma fatia	243
pão	duas unidades	269
ovo	duas unidades	163
carne de vaca (magra)	duas unidades	146
peixe de mar frito	dois filés	371
arroz cozido	3 colh. (sopa)	167
feijão cozido	5 colh. (sopa)	67
mamão	1 fatia	32
Coca-cola	meio copo	39
batata frita	2 unidades	274

Tabela 2

Substância	Coefficiente de condut. térm. (cal/s.cm.°C[20°C])
água	$0,15 \times 10^{-3}$
ar	$0,006 \times 10^{-3}$
aço	$11,00 \times 10^{-3}$
alumínio	$49,00 \times 10^{-3}$
amianto	$0,02 \times 10^{-3}$
cerâmica	$0,11 \times 10^{-3}$
chumbo	$8,30 \times 10^{-3}$
cobre	$92,00 \times 10^{-3}$
concreto	$0,2 \times 10^{-3}$
cortiça	$0,04 \times 10^{-3}$
ferro	$16,00 \times 10^{-3}$
fibra de vidro	$0,0075 \times 10^{-3}$
gelo (a 0°C)	$0,22 \times 10^{-3}$
latão	$26,00 \times 10^{-3}$
madeira	$0,02 \times 10^{-3}$
mercúrio	$1,97 \times 10^{-3}$
tijolo	$0,3 \times 10^{-3}$
vidro	$0,25 \times 10^{-3}$
poliestireno	$0,0075 \times 10^{-3}$

Tabela 3

Substância	Calor específico (pressão constante) (cal/g.°C)
água a 20°C	1
água a 90°C	1,005
álcool	0,6
alumínio	0,21
ar	0,24
chumbo	0,031
cobre	0,091
ferro	0,11
gelo	0,5
hidrogênio	3,4
latão	0,092
madeira (pinho)	0,6
mercúrio	0,03
nitrogênio	0,247
ouro	0,032
prata	0,056
tijolo	0,2
vapor d'água	0,48
vidro	0,2
zinco	0,093