

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**NELSON LUIZ REYES MARQUES**

**FORMAÇÃO DOS ALUNOS DO CURSO NORMAL PARA O ENSINO DE  
CIÊNCIAS NAS SÉRIES INICIAIS: UMA EXPERIÊNCIA EM FÍSICA  
TÉRMICA**

Porto Alegre  
2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**FORMAÇÃO DOS ALUNOS DO CURSO NORMAL PARA O ENSINO DE  
CIÊNCIAS NAS SÉRIES INICIAIS: UMA EXPERIÊNCIA EM FÍSICA TÉRMICA**

**NELSON LUIZ REYES MARQUES**

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Ives Solano Araujo, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre  
2009

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Ives Solano Araujo, orientador desta dissertação, pelos constantes incentivos e sugestões, sempre indicando a direção a ser tomada, nos momentos de maior dificuldade, para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço principalmente pela confiança no meu trabalho.

Ao professor Dr. Fernando Lang da Silveira, pela leitura crítica dos textos de apoio e pelas sugestões apresentadas.

Ao professor Marco Antonio Lessa, pelas sugestões apresentadas na produção do material experimental.

Ao Colégio Municipal Pelotense e ao Instituto Estadual de Educação Assis Brasil que tornaram este projeto possível.

À minha esposa e amiga Cláudia que sempre me deu apoio e incentivo, valorizando meus potenciais.

## RESUMO

Esta dissertação teve como objetivo desenvolver um trabalho de qualificação de alunos do curso Normal para atividades futuras de ensino de Física Térmica nas séries iniciais do Ensino Fundamental, visando suprir as lacunas existentes em sua formação. O trabalho foi composto por uma revisão teórica dos conteúdos, por experimentos aplicáveis nas séries iniciais e por textos de apoio. O referencial teórico que dá suporte a este trabalho está centrado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e na teoria sóciointeracionista de Vygotsky. Para guiar o desenvolvimento das atividades docentes, tivemos como base também, a abordagem dos momentos pedagógicos, proposta por Delizoicov e Angotti. A proposta foi implementada na forma de um curso de extensão para alunos do Curso Normal do Colégio Municipal Pelotense e do Instituto Educacional Estadual Assis Brasil, ambos na cidade de Pelotas (RS), em seis módulos independentes. Foram realizadas três aplicações do curso sendo que nas duas primeiras, participaram 12 alunos da quarta série do Curso Normal do Colégio Municipal Pelotense em cada uma e, na terceira, participaram 14 alunos recém formados no Instituto Educacional Estadual Assis Brasil. Ao final de cada aplicação foi feita uma avaliação da proposta através de testes e entrevistas com os estudantes.

## ABSTRACT

This dissertation aimed to develop a project to qualify students from teacher training courses in order to do classes about thermal physics for the initial grades from the primary schools targeting to fill in the existing gaps in their formation.

The work is made up of a theoretical review of contents, by applicable experiments in the initial grades and supporting texts. The theoretical reference, which backs up the work, is focused on the significant learning theory of Ausubel and on Vygotsky's social interactionist theory.

In order to guide the development of teaching activities, the approach of the pedagogical moments proposed by Delizoicov e Angotti also was used as a baseline. The proposal has been implemented in the form of a extension course, in six independent modules, was carried out for the students from the teacher training course at Colégio Municipal Pelotense and Instituto Educacional Estadual Assis Brasil, both schools in the city of Pelotas (RS).

Three applications of the same course were carried out. In the first two courses 12 students from the 4<sup>th</sup> grade of the teacher training course from Colégio Municipal Pelotense took part in each one and in the third course, 14 recently graduated students from Instituto Educacional Estadual Assis Brasil participated. At the end of each course, an evaluation of the proposal was carried out using tests and interviews with the students.

## ÍNDICE

1. Introdução .....	6
1.1. Um pouco da minha história .....	10
2. Trabalhos anteriores .....	13
2.1. Trabalhos de pesquisa em ensino de Física .....	13
2.2. Relatos de experiências sobre o ensino de Física no Ensino Fundamental .....	17
3. Referencial teórico .....	23
3.1. Ausubel e o conhecimento prévio .....	23
3.2. Vygotsky e a teoria sociointeracionista .....	25
3.3. O referencial teórico e o curso de formação .....	26
4. Apresentação da proposta didática .....	28
5. Aplicação da proposta .....	32
5.1. Análise do teste de concepções alternativas de calor e temperatura .....	32
5.2. Primeiro encontro .....	34
5.3. Segundo encontro .....	35
5.4. Terceiro encontro .....	38
5.5. Quarto encontro .....	43
5.6. Discussão dos resultados .....	45
6. Conclusão .....	50
7. Referências .....	53
Apêndice 1 – Texto de Apoio ao professor de Física .....	56
Apêndice 2 – Planejamento do curso .....	129
Anexo 1 – Teste de concepções alternativas de Calor e Temperatura .....	134
Anexo 2 – Autorização para uso de imagem .....	138

## 1. Introdução

As exigências atuais em torno do ensino de Ciências, em particular do ensino de Física, têm desencadeado muitas propostas que defendem a iniciação de crianças nos estudos de conceitos científicos (Ostermann e Moreira, 1990).

Devido a essas exigências, deve-se refletir sobre o ensino de Ciências desde as séries iniciais, para que esse possa favorecer a ocorrência de questionamentos que proporcionem situações problemáticas interessantes e possibilitem a construção de conhecimentos adequados, ou seja, é necessário buscar conteúdos dentro do mundo da criança – mundo físico em que ela vive e brinca – os quais possam ser trabalhados nas primeiras séries do Ensino Fundamental, permitindo que novos conhecimentos possam ser adquiridos (Carvalho *et al.*, 1998).

Carvalho (1991) destaca a necessidade de que cursos de atualização e formação tratem de maneira especial os conteúdos específicos, garantindo, com isso, a atualização dos conhecimentos dos professores em determinadas áreas, bem como a inclusão do processo histórico dos conhecimentos em pauta.

É necessário manter coerência ao princípio básico de que, para ensinar um conteúdo, não basta saber a teoria e de imediato aplicá-la no ensino. É preciso conhecer a teoria, ter noções de como ela foi construída, passar pelos processos de construção dessa teoria, incorporá-la na sua plenitude, para depois discutir como ela pode ser transmitida a outro nível de ensino, para os alunos com divergência de idade e portadores de outras experiências.

Há de se concordar com Carvalho quando tal teoria denota a existência de muitas falhas, muitas lacunas no conhecimento dos professores, falhas essas oriundas não somente dos cursos de Habilitação para Magistério (Normal) e Licenciaturas, mas também decorrentes do grande avanço do conhecimento nas últimas décadas e da amplitude e diversificação dos conteúdos.

A discussão de conteúdos de Física no ensino fundamental faz-se necessária, pois, nessa etapa, os alunos terão pela primeira vez o contato com situações de ensino de concepções e conceitos científicos, que serão fundamentais nos processos de aprendizagem subsequentes em Ciências. Em Carvalho, *et al.*, (1998, p. 6), percebe-se que, se os primeiros contatos com atividades de ensino de Ciências forem agradáveis para as crianças, atribuindo-lhes a construção de significado, a probabilidade de serem alunos interessados em Ciências, nos anos posteriores, será maior.

Observa-se que grande parte dos professores das séries iniciais não possui a formação adequada para promover o primeiro contato de alunos em séries iniciais com o ensino de Ciências, em particular com o ensino de Física. No momento, esse tema está na pauta de qualquer discussão sobre a melhoria do ensino, e existe uma grande preocupação nessa área, evidenciada no crescente interesse em pesquisas com formação inicial e continuada de professores.

Os cursos de Habilitação para Magistério (Normal) e Licenciaturas têm formado professores com diversas fragilidades conceituais em relação aos conteúdos de Ciências (em especial Física) e, também em sua preparação geral, com graves consequências para o ensino. Este trabalho pretende apresentar uma proposta didática que auxilie a superação de algumas deficiências encontradas nos cursos de formação de professores, com ênfase na formação de nível médio (curso Normal).

É necessário repensar a formação inicial dos professores de Ciências das séries iniciais do Ensino Fundamental, pois seus conhecimentos na área são reduzidos. Além disso, é fundamental rever as escolhas de conteúdo, geralmente voltadas para a Biologia, abordando apenas conceitos. Ademais, suas visões de interdisciplinaridade são restritas ou pouco estão refletidas na forma tradicional de ensino e de aprendizagem que se manifestam em suas aulas.

Acredita-se, por isso, que o ensino de Física na Educação Básica deva ter, como foco principal, a necessidade de vincular aos conhecimentos dessa disciplina questões relacionadas à vida cotidiana dos alunos. Para isso, também é necessário que a Física discutida na escola esteja em sintonia com uma formação humanista dentro de uma perspectiva sociocultural. Isso tem implicado uma preocupação com a formação dos alunos do Curso Normal, que serão alguns dos futuros professores das séries iniciais, a fim de que possam estar preparados, conceitual e metodologicamente, para, além de conhecerem o conteúdo que irão ensinar, serem capazes de preparar e realizar atividades potencialmente significativas para seus alunos.

Na escola brasileira, segundo os PCNs, apesar da sua importância e do interesse que pode despertar pelos temas que envolve, o ensino de Ciências Naturais tem sido frequentemente conduzido de forma desinteressante e pouco compreensível.

A abordagem tradicional dos conhecimentos por meio de definições e classificações estanques que devem ser decoradas pelo estudante contraria as principais concepções de aprendizagem humana, como, por exemplo, aquela que a compreende como construção de significados pelo sujeito da aprendizagem, debatida no documento de Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Quando há aprendizagem significativa, a memorização de



conteúdos debatidos e compreendidos pelo estudante é completamente diferente daquela que se reduz à mera repetição automática de textos, cobrada em situação de prova.

Torna-se, de fato, difícil para os estudantes apreenderem o conhecimento científico que, muitas vezes, discorda das suas observações cotidianas e do senso comum. A exemplo disso destaca-se a ideia de que “um cobertor serve para aquecer”, diferindo do conhecimento científico, pois a função do cobertor é dificultar as trocas de energia na forma de calor entre corpo e meio ambiente. Embora, na maioria das vezes, não seja simples romper com conhecimentos intuitivos que os alunos trazem para a sala de aula, faz-se necessário discutí-los.

Os PCNs ressaltam que os resultados de inúmeras pesquisas indicam que crianças e jovens elaboram ideias científicas e entendem os conteúdos de maneira diferente dos adultos, demonstrando o seu jeito próprio de pensar (PCNs, 2001).

Discutem os PCNs, a importância de se fazer com que o aluno compreenda o mundo como indivíduo e como cidadão. Além disso, é indispensável que esse aluno faça uso de conhecimentos de natureza científica e tecnológica, desenvolva as capacidades de compreender a natureza como dinâmica, o ser humano como um agente de transformações e a ciência como um processo de produção de conhecimento – uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural.

Torna-se igualmente importante que ele identifique relações entre conhecimento científico, produção de tecnologia e condições de vida, hoje e na evolução histórica, encarando a tecnologia como meio para suprir necessidades humanas, com riscos e benefícios.

É importante também, segundo os PCNs, que o aluno compreenda a saúde pessoal, social e ambiental como bens individuais e coletivos que devem ser promovidos pela ação de diferentes agentes. Assim como, espera-se que ele seja capaz de formular questões, diagnosticar e propor soluções para problemas reais a partir de elementos das Ciências Naturais, colocando em prática conceitos, procedimentos e atitudes desenvolvidos no aprendizado da área.

O aluno deverá ainda, segundo os PCNs, saber utilizar conceitos científicos básicos, associados à energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio e vida; saber combinar leituras, observações, experimentações e registros para coleta, comparação entre explicações, organização, comunicação e discussão de fatos e de informações (PCNs, 2001).

Mesmo com a existência de um currículo nacional bem estruturado, o Brasil possui problemas sérios em seu ensino. No Programa Internacional de Avaliação de Estudantes

(Teste de Pisa), patrocinado pela UNESCO, envolvendo 43 países e realizado em 2003, o Brasil obteve o 42º lugar no ranking das aptidões para as Ciências, ficando à frente apenas do Peru (Ivanissevich, 2003). O estudo avaliou a capacidade, entre estudantes de 15 anos, de usar os conhecimentos científicos, reconhecer perguntas relacionadas a Ciências, identificar as questões envolvidas em pesquisas científicas, associar dados científicos a afirmações ou conclusões e comunicar esses aspectos da Ciência. Isso mostra que o mais importante não é a informação que se encontra em documentos oficiais, mas as verdadeiras práticas de sala de aula, as quais são reveladoras de uma situação calamitosa.

Tendo em vista esse contexto, desenvolveu-se uma abordagem que ajude na formação de alunos do Curso Normal, para que esses futuros professores possam adquirir experiências para o ensino de conceitos físicos e para aplicá-los nas práticas em sala de aula. Mais especificamente, tem-se como objetivo o desenvolvimento de um texto de apoio, com uma linguagem simples e adequada ao aluno do curso Normal, que venha a facilitar a introdução da Física nas séries iniciais do ensino fundamental, discutindo os conteúdos de forma mais atrativa do que costuma ser feito para os alunos, a fim de despertar-lhes o prazer pela ciência, não esquecendo, evidentemente, o rigor conceitual necessário para a construção de um conhecimento sólido e, conseqüentemente, bem embasado. Embora o foco do trabalho esteja relacionado à formação de professores no curso Normal, acredita-se que ele possa ser útil também para alunos do Curso de Pedagogia e professores das séries iniciais em exercício.

Em relação à escolha do conteúdo de Física a ser discutido, optou-se por trabalhar com Física Térmica por esse ser um dos conteúdos mais abordados nas séries iniciais do Ensino Fundamental e estar relacionado com vários fenômenos do dia a dia vivenciado por todos os alunos, porém, na maioria das vezes, explicados sem ancoragem científica e reforçando as concepções alternativas. Entre outras coisas, o intuito é mostrar que a Física Térmica pode ser abordada de uma maneira atrativa explicando situações cotidianas, como, por exemplo, as temperaturas máximas e mínimas de um dia, a comparação entre o tempo de cozimento de um alimento em uma panela de pressão e uma comum ou, ainda, na discussão sobre afirmações cotidianas do tipo “estou com frio”, “o casaco é quente”, etc.

Os assuntos trabalhados foram: energia, temperatura, dilatação térmica, calor, energia interna, processos de transmissão de calor e mudanças de fase. Observou-se, também, que fenômenos relacionados a esses conteúdos, como, por exemplo, o aquecimento global e a inversão térmica, também são trabalhados nas séries iniciais e, portanto, merecem uma atenção especial.

Observou-se que alguns livros didáticos utilizados nesse nível apresentam graves erros conceituais (ver seção 5). Esses erros reforçam as concepções alternativas, tanto de alunos quanto de professores, em relação a calor, temperatura e energia interna, tendo em vista que os docentes não possuem uma preparação adequada e orientam suas aulas tendo como referência o livro didático.

Os alunos trazem para a sala de aula suas ideias (concepções) sobre esses assuntos. Auxiliá-los na construção do conhecimento científico a partir do que eles já sabem não é uma tarefa fácil e, portanto, torna-se essencial reconhecer e compreender a importância dessas concepções e a forma como elas influenciam o processo de ensino-aprendizagem.

Investigações anteriores mostram que as concepções dos alunos vão sendo levadas para o próximo nível de ensino e causam dificuldades para a compreensão de conteúdos até nos cursos superiores. Na seção seguinte, apresentou-se sucintamente alguns dos trabalhos que embasaram a construção da proposta.

### *1.1. Um pouco da minha história*

Em 1980 ingressei no curso de Ciências da Fundação Universidade do Rio Grande (FURG) e iniciei minha carreira de professor na Escola Estadual Silva Gama, no Balneário Cassino, em Rio Grande. Trabalhava com turmas de 5ª séries com a disciplina de Ciências. No ano seguinte continuei trabalhando com a disciplina de Ciências, mas para as turmas de 5ª, 6ª, 7ª e 8ª séries. No mesmo ano trabalhei na Escola Municipal Viriato Corrêa, em Rio Grande, nas turmas de 4ª séries com as disciplinas de Matemática e Ciências.

Em 1984 concluí o curso de Ciências e passei a trabalhar também no Instituto Cristo Rei, escola particular em Rio Grande, com a disciplina de Ciências para as turmas de 5ª, 6ª, 7ª e 8ª série. Após essa experiência, foi possível observar que, quanto menor a idade dos alunos, mais curiosidade eles possuíam. A partir dessa observação, passei a intensificar as atividades práticas e diversificar ainda mais as aulas. A partir do ano seguinte, foi possível observar que os alunos da 6ª séries apresentavam mais motivação para aprender Ciências que os do ano anterior. Isso levou a uma mudança na proposta pedagógica, como a criação de laboratório de ciências na escola, despertando um maior interesse nos alunos da época.

Em 1987 deixei o Instituto Cristo Rei, pois fui transferido do Colégio Estadual Silva Gama para o Centro de Estudos Supletivos (escola estadual) que estava implantando o Ensino Médio, e tornei-me o responsável pela disciplina de Física no turno da noite. Nesse mesmo ano, também comecei a lecionar Física para o Ensino Médio no Colégio Marista São

Francisco e, concomitantemente, a desempenhar a função de Coordenador Pedagógico, o que se estendeu até o final do ano de 1991.

Ter desempenhado o papel de coordenador pedagógico ampliou a minha visão do funcionamento da escola e das dificuldades enfrentadas por professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem.

De 1992 até 1997, trabalhei como professor de Física, para o Ensino Médio e para o Curso Normal, no Colégio Santa Joana D'Arc, também em Rio Grande. Trabalhar com alunas do Curso Normal foi uma experiência nova e desafiante, porque, em minha opinião, a escola priorizava a alfabetização e a matemática, deixando em segundo plano as Ciências e, principalmente, a Física. Nessa escola tive apoio da direção para começar as mudanças no Curso Normal, iniciando por uma alteração no programa das disciplinas, priorizando os assuntos que realmente deveriam ser ensinados nas séries iniciais. A Física estudada era muito teórica e pouca prática. Com isso, foi desenvolvida uma nova estratégia, na qual a Física foi colocada mais próxima do ensino de conceitos físicos necessários para as séries iniciais. Acredito que esse foi um dos maiores desafios da minha carreira, mas os resultados foram gratificantes e fui convidado, com apenas um ano na escola, para ser o coordenador do turno em que ocorriam as aulas das séries iniciais do Ensino Fundamental.

Em dezembro de 1993, fiz concurso para o CEFET em Pelotas e passei a atuar como professor efetivo até o ano de 1998. Lá encontrei um grande grupo de professores experientes que discutiam e estudavam a Física e suas aplicações. Mesmo tendo me exonerado, por motivos pessoais, considero que foi muito importante ter participado daquele grupo que tanto me levou a uma desacomodação no que diz respeito ao ensino da Física.

De 1987 até a presente data, trabalho no Teorema Pré-Vestibular em Pelotas e em Rio Grande. Como os vestibulares passam por alterações quase que anualmente, temos o desafio de reformular o nosso trabalho constantemente.

Em 2006 comecei a lecionar a disciplina de Fenômenos de Transporte, para os cursos de Engenharia Civil, Mecânica, Elétrica e Eletrônica, na Universidade Católica de Pelotas. Faço com os alunos das engenharias um resgate de todos os pré-requisitos, e observo que a maioria dos conceitos físicos que eles praticamente ignoram ou possuem concepções alternativas muito fortes, poderiam ter sido trabalhados desde as Séries Iniciais do Ensino Fundamental.

Há tempos atrás adquiri o hábito de pesquisar em livros antigos, pois eles apresentam conteúdos e materiais com sugestões de experimentos didáticos, que por motivos que desconheço, vêm sendo abandonados a cada nova edição dos livros modernos.

A minha trajetória na educação mostrou que a motivação e o interesse dos alunos com o seu próprio aprendizado em Ciências, possam ser alcançados com atividades práticas que envolvam a realização de experimentos didáticos simples, e essa foi a orientação desse trabalho.

## 2. Trabalhos anteriores

Nos últimos anos, o ensino de Ciências nas séries iniciais tem recebido a atenção de vários estudiosos, tendo em vista que a formação do professor das séries iniciais é hoje reconhecidamente deficiente na área de Ciências (principalmente em Física). Por isso, existem várias propostas que visam contribuir para a formação inicial e/ou continuada dos professores. Apresentou-se na sequência alguns estudos que considerou-se pertinentes para a realização do trabalho.

### 2.1. Trabalhos de pesquisa em ensino de Física

Ostermann, *et al.*, (1992 p. 106 - 112) apresenta um importante estudo na área de formação dos professores das séries iniciais, realizado na escola “Instituto de Educação Flores da Cunha – Escola Pública de Ensino Fundamental e Médio de Porto Alegre” – durante 18 meses, onde discutiu o papel da Física no currículo de um curso de formação de professores para as séries iniciais.

As observações de Ostermann, *et al.*, (1992) realizadas nas aulas de Física no Curso Normal, mostraram que o ensino proporcionado na escola não era adequado, pois estava completamente dissociado do ensino de Ciências nas séries iniciais. Devido à percepção dessa inadequação, os autores procuraram subsídios para uma mudança.

Posteriormente, ao entrevistar as professoras das séries iniciais da própria escola, essas relataram que o estudo de Ciências, em geral, e o de Física, em particular, na sua formação, não foram marcantes, devido à ênfase dada ao processo de alfabetização pelo qual passavam seus futuros alunos. Isso porque perceberam que a Física estudada era muito teórica e pouca prática. Com isso, foi desenvolvida uma nova estratégia institucional, na qual a Física foi colocada mais próxima do ensino de conceitos físicos necessários para as séries iniciais.

Os dados obtidos nesse trabalho sugerem que a Física é indispensável no Curso Normal, mas deve ser ensinada com um enfoque diferente daquele usado no ensino médio tradicional. O Curso Normal é um curso de formação profissional e ele prepara o professor para o ensino nas séries iniciais ao invés de ser preparatório para estudos posteriores. A Física, em um curso desse tipo, deve ser ensinada de maneira conceitual e qualitativa, com muita experimentação, concentrando-se naqueles conceitos físicos que serão abordados no ensino de Ciências das séries iniciais. A preocupação deve ser com a qualidade do conteúdo ensinado e não com a quantidade de matéria a ser ministrada. A metodologia utilizada

também deve ser compatível com a que será empregada no ensino de Ciências a fim de que esses professores, em formação, tenham exemplos práticos do que é adequado ao processo ensino-aprendizagem.

A Física, na formação de professores das séries iniciais do Ensino Fundamental, é o assunto abordado por Ostermann, *et al.*, (1999). Os pesquisadores em ensino de Ciências se conscientizaram de que o aluno trazia para sala de aula os seus próprios conceitos científicos, que, em geral, são conceitos alternativos ou contextualmente errôneos. Entretanto muitos desses conceitos trazidos pelos alunos são reforçados na escola e outros, até mesmo, adquiridos nessa instituição.

A grande pergunta a ser feita é: o ensino de Ciências no 1º grau, particularmente, nas séries iniciais, é feito de modo a não reforçar significados contextualmente errôneos, a evitar a construção de outros significados errôneos e a facilitar a mudança conceitual?

Para investigar esta questão foi feito um estudo com a seguinte organização:

1) análise, através de documentos oficiais, do currículo de Física no 2º grau Magistério;

2) verificação, através de programas e do ensino oferecido, da forma como esse currículo é traduzido na escola;

3) entrevistas com professores das séries iniciais para investigar suas dificuldades conceituais em Física, a metodologia que empregam no ensino de Ciências e sua opinião sobre a formação recebida em Física quando cursaram 2º grau Magistério;

4) caso a realidade do ensino nas séries iniciais justifique uma reformulação no currículo de Física no 2º grau Magistério, deve-se chegar a uma proposta inovadora, nesse sentido, a partir de uma intervenção instrucional na disciplina de Física desse 2º grau.

As entrevistas com professores das séries iniciais foram feitas através de conversas informais com aproximadamente 50 minutos de duração.

No início da conversa, a entrevistadora perguntava sobre o trabalho desenvolvido em Ciências e, muitas vezes, a maior parte da entrevista não dizia respeito a conceitos físicos (falava-se de Biologia ou Química). À medida que conceitos físicos iam sendo mencionados, procurou-se identificar significados contextualmente errôneos atribuídos a esses conceitos. De 1ª a 3ª séries, os autores detectaram que o conceito de calor não é visto como uma forma de energia. A concepção mais frequente é a de que o calor é um fluido, uma propriedade dos corpos e que se opõe ao conceito de frio. Por exemplo:

“Se o ambiente está mais frio, o gelo demora mais para derreter porque o ambiente tem menos calor para fornecer ao gelo.” (9ª entrevista, 2ª série)

O conceito de temperatura, por estar intimamente ligado ao de calor, tem seu uso confundido com este. Os dois conceitos, em geral, são empregados indistintamente. A temperatura é abordada em termos da percepção do quente e do frio, ou do calor e do frio (calor como sinônimo de quente). Por exemplo:

“Quando retirei o gelo do congelador, ele derreteu porque lá é gelado e aqui não é.”  
(4ª entrevista, 1ª série)

As professoras, a partir de significados errôneos em relação ao calor e à temperatura, também cometeram erros relativos às mudanças de estados.

“A mudança de temperatura faz a água virar gelo.” (2ª entrevista, 3ª série)

As professoras demonstraram, nas entrevistas, que só conseguem descrever o que veem nas mudanças de estados, mas não conseguem explicar o que está acontecendo.

As professoras, em geral, expressaram sua insegurança em relação ao conteúdo de Física relatando que o estudo de Ciências na sua formação não foi marcante, devido à ênfase na alfabetização e na Matemática, e que a Física estudada era muito teórica e pouca prática. Isso as leva a um conflito já que os alunos revelam muita motivação e interesse pelas Ciências. Entretanto, elas se sentem inseguras para oportunizarem um maior espaço à Física.

Monteiro, *et al.*, (2004) chamou a atenção para o fato das inúmeras dificuldades que os professores das séries iniciais enfrentam para desenvolver um ensino de Ciências de qualidade para seus alunos, principalmente em se tratando de conteúdos relacionados à Física. Entre elas, podemos citar o reduzido número de propostas de atividades voltadas, especificamente, para atender as necessidades das crianças dessa faixa etária.

A busca por envolver as crianças em atividades que, além de respeitar suas etapas de desenvolvimento cognitivo, ofereçam momentos de ludicidade, prazer e divertimento, levou Monteiro *et al* a desenvolver três atividades que se mostraram bastante interessantes, tanto do ponto de vista das interações que se estabeleceram entre a criança e o objeto do conhecimento, quanto pela motivação e pelo contentamento proporcionados.

Nesse sentido, os autores acreditam que todas as atividades se mostraram úteis ao objetivo. As gravações das aulas em vídeo confirmaram suas expectativas, pois mostraram a alegria, o interesse e o envolvimento de todos os alunos durante todas as etapas da atividade escolhida, fato também evidenciado pelas professoras. Aliás, não foram somente os alunos que se mostraram satisfeitos com as atividades, as próprias docentes declararam sua motivação e seu contentamento com elas.

Os resultados também evidenciaram a importância da estruturação e da organização das atividades que devem ser propostas, uma vez que a capacidade dos alunos de discutir e



apresentar argumentos relacionados aos fenômenos físicos investigados mostrou estar intimamente relacionada com um repertório de possibilidades de manipulação e de interações que a atividade pode oferecer. Se a atividade não oferecer diferentes possibilidades de interação entre os alunos e o objeto do conhecimento, eles não terão evidências para construir argumentos e/ou refutações sobre o fenômeno estudado.

Apesar de os alunos das séries iniciais se mostrarem capazes de construir argumentos a partir dos dados observados nas experiências de conhecimento físico, essa competência deve ser desenvolvida a partir do oferecimento de instrumentos que o discurso do professor pode propiciar. Assim, não basta que a atividade seja bem organizada e que os objetos de estudo sejam bem construídos e elaborados, é fundamental que a competência dialógica do professor possa tornar essa atividade mais profícua.

Com o objetivo de começar o processo de Alfabetização Científica nas séries iniciais do Ensino Fundamental, Carvalho e Sasseron (2008) propõem um ensino de Ciências que leve os alunos a trabalhar e a discutir problemas envolvendo fenômenos naturais e as implicações que o conhecimento destes pode acarretar à sociedade e ao ambiente. Para tanto, os autores realizaram estudo qualitativo após a aplicação de uma sequência didática de Ciências em uma 3ª série do Ensino Fundamental.

A sequência foi planejada com o objetivo de permitir que os alunos trabalhassem ativamente no processo de construção do seu conhecimento sobre o mundo, além de possibilitar discussões acerca dos benefícios e prejuízos que as Ciências e suas Tecnologias podem trazer para a Sociedade e para o Ambiente. Foram tecidas relações entre o uso de uma sequência didática de Ciências e o processo de Alfabetização Científica e, para tanto, foram analisadas as argumentações dos alunos procurando encontrar indicadores que a Alfabetização Científica está começando a acontecer.

Primeiramente, foi notado que os alunos constroem explicações bastante consistentes e coerentes sobre o mundo em que vivem. Isso está relacionado ao modo como as informações disponíveis foram utilizadas e conectadas pelos alunos. Essas relações mostram o uso de garantias para as proposições, explicitadas na forma de justificativas e de previsões associadas aos fenômenos analisados.

Posteriormente, foi encontrado um uso bastante amplo do indicador da Alfabetização Científica que se refere à organização de informações existentes e, após isso, foi encontrada a apresentação de construções que buscam explicar as ideias trabalhadas.

Assim como os autores, acreditamos que o fato de a sequência didática ter como foco central investigações, girando em torno de temas próximos do interesse dos alunos deste nível

de ensino, foi o motivador para que eles se envolvessem com as discussões em sala de aula e, conseqüentemente, terminassem por trabalhar de maneira conjunta e coordenada os assuntos que englobavam não só as Ciências Naturais, mas também a sociedade, as tecnologias e o meio-ambiente, percebendo e argumentando sobre o modo como estas entidades se relacionam.

## *2.2. Relatos de experiências sobre o ensino de Física no Ensino Fundamental*

Schroeder (2004) relata um programa desenvolvido para crianças de idades entre sete e dez anos, às quais foi oferecida a oportunidade de aprender Física através de atividades experimentais do tipo mão-na-massa (*hands-on*), como parte de um ensino baseado em pesquisa (*inquiry-based*). Este programa foi desenvolvido na Escola Panamericana de Porto Alegre-RS, em 2003, e incluiu uma série de oficinas de Física com uma turma de quarta série do Colégio Bom Conselho, também de Porto Alegre. Os resultados colhidos ao longo de quatro anos mostram, além do entusiasmo da maioria das crianças, um claro desenvolvimento em suas capacidades de observar fenômenos, propor teorias baseadas em suas observações e analisar criticamente essas teorias à luz de novas situações e de novos dados percebidos. Também tem sido observada uma atitude continuamente mais independente por parte dessas crianças, que passaram a tomar a iniciativa de desenvolver projetos de pesquisa, construir modelos e propor testes experimentais às suas próprias teorias.

Na formação de professores em nível médio, Machado (2004) apresenta o relato de um projeto desenvolvido junto a uma turma do segundo ano do Curso Normal, durante o ano letivo de 2004, no colégio Santa Catarina, situado em Novo Hamburgo-RS. O trabalho teve como objetivo a implementação de unidades didáticas de caráter fortemente conceitual, para a promoção de uma aprendizagem significativa, por parte dos alunos, em conteúdos de Física. Foram elaborados módulos sobre modelos atômicos e partículas elementares, com o objetivo de ampliar o conhecimento dos alunos e, também, desmitificar conceitos de Física Contemporânea, considerados muito complexos para o Ensino Médio. Outras unidades, abrangendo a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e Joseph Novak e mapas conceituais, também foram elaboradas, uma vez que estes últimos foram o principal instrumento de avaliação juntamente com a construção de histórias em quadrinhos. Na sequência, foram abordados tópicos de eletricidade e eletromagnetismo. A metodologia foi baseada na utilização de textos pré-elaborados, aulas expositivas, discussões em sala de aula, utilização de simulações computacionais e experimentos práticos sobre os tópicos abordados.

Como resultado da proposta, verifica-se uma considerável tendência por parte dos alunos em passar a enxergar a Física como uma Ciência bonita e instigante. Também constata-se uma rica relação entre os conceitos estudados com base nos mapas conceituais elaborados e, também, nas histórias em quadrinhos. O produto educacional desse trabalho constitui-se em textos sobre as unidades didáticas implementadas, bem como uma situação-problema e material disponibilizado no ambiente virtual supracitado.

Em relação ao ensino de conceitos físicos para crianças, Grala (2006) desenvolveu um trabalho concentrado na introdução precoce de situações problemáticas em Física, através de atividades lúdicas voltadas para a promoção de uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados. A autora utilizou o interesse natural das crianças em examinar objetos, em agir sobre eles e em observar o que ocorre, com o intuito de aproveitá-lo como encorajamento à estruturação dos novos conhecimentos, de forma que esses sejam extensões naturais dos conhecimentos que já possuem. As ações e reações das crianças durante o desenvolvimento das atividades foram analisadas através de gravações em vídeo. O trabalho também teve como objetivo fornecer oportunidades para que a criança, agindo sobre os objetos e observando o que ocorre durante sua ação, adquira base para que, na etapa apropriada, possa construir os conceitos e os princípios, não apenas da Física, como também de outras áreas do conhecimento humano.

Ainda para Grala, mais importante para o professor do que dominar completamente os conceitos físicos trabalhados é a sua atitude de respeitar todas as respostas das crianças. Nesse estágio do desenvolvimento delas, até mesmo as respostas mágicas devem ser relevadas e aceitas. Contudo, deve-se deixar claro que algumas respostas são mais adequadas que outras, porque explicam melhor o que foi observado. Isso porque ao permitir que a criança pergunte, questione, duvide e busque respostas, estimular-se-á o seu gosto pela ciência.

O trabalho de Damásio (2007) enfatiza a introdução dos primeiros conceitos físicos, uma vez que desses depende grande parte do ensino da Física subsequente. Contudo, a maioria dos professores das séries iniciais do Ensino Fundamental não tem formação adequada para promover este primeiro contato com a Física. Tendo isso em vista, o autor desenvolveu um programa de qualificação que teve como objetivo dar condições aos professores para que desempenhem, de uma maneira mais adequada, a introdução da Física no ensino fundamental. O programa foi estruturado em quatro módulos, que contemplam diversos instrumentos e estratégias pedagógicas. Cada módulo começa com aulas de laboratório, seguido de uma interação em sala de aula com textos especialmente produzidos para o projeto. Esses textos abordam história da Ciência, Física do cotidiano e discussão de

conceitos físicos. Cada módulo utiliza recursos multimídia, que vêm sendo produzidos por vários autores para enriquecer o ensino de Física e que estão disponíveis na internet. A aplicação do programa deu-se através de um curso de extensão da UFRGS ministrado para um grupo de doze professoras do Colégio São Bento, em Criciúma, SC, e de um mini-curso ministrado no II Encontro Estadual de Ensino de Física no Instituto de Física da UFRGS. As professoras do Colégio São Bento aplicaram os conteúdos de Física aos alunos das séries iniciais do Ensino Fundamental através de oficinas intituladas “Física para Crianças” e fizeram adaptações, quando necessárias, para adequar os conteúdos e estratégias aos interesses e às características dos estudantes. A avaliação dessa aplicação do projeto foi feita através de entrevistas com os professores e de testes respondidos pelos alunos.

O autor concluiu, como resultado da entrevista com as professoras, que tais docentes tiveram maior consciência dos seus papéis em relação ao ensino dos primeiros conceitos de Física, bem como ficaram mais seguras para introduzi-los, certificando-se de que é possível ensinar Física nas séries iniciais. Damásio, analisando as entrevistas com os alunos, observou que, mesmo os alunos que declararam no início do trabalho que não sabiam o que era Física, e ainda assim julgavam-na “chata” ou difícil, no final, sentiram-se atraídos pelo estudo de Física e passaram a ter prazer em aprendê-la.

Tendo como objetivo a discussão sobre a importância das atividades investigativas e das interações discursivas em sala de aula no ensino de Ciências das séries iniciais do Ensino Fundamental, Zanon (2007) propôs uma abordagem interligando o ensino com atividades investigativas. Nessa perspectiva, considera-se tudo o que o aluno comenta, indaga ou questiona nas aulas; prioriza-se o interesse dele nas questões desencadeadoras, constata-se o resultado por meio da vivência completa e concreta, levantando hipóteses, anotando tudo. Os alunos e o professor são responsáveis pelo fechamento do assunto. O trabalho acontece, na maior parte do tempo, em grupo. O autor argumenta que, no início da escolarização, esses processos de ensino-aprendizagem têm uma grande importância, pois auxiliam os alunos a atingir níveis mais elevados de cognição, o que facilita a aprendizagem de conceitos científicos. Também levam-se em consideração os imprevistos que acontecem durante o processo, sendo necessário ampliar e aprofundar etapas e, com isso, replanejar outros passos. Como consequência, os alunos demonstram entusiasmo a cada atividade apresentada.

Uma das escolas convidadas permitiu que o autor observasse o comportamento de alunos e de professoras em sala de aula da 1ª, 3ª e 4ª séries do ensino fundamental (40 horas-aula de observação em cada turma) durante o desenvolvimento de atividades sobre a flutuabilidade dos objetos na água. Por meio do referencial de análise de Mortimer e Scott

(2003), foram analisadas as dinâmicas interativas e os fluxos de discurso que ajudaram na compreensão dos aspectos importantes da prática docente e do processo de aprendizagem dos alunos.

No desenvolvimento desse conteúdo, as atividades de ensino tiveram como objetivo identificar as grandezas que interferem na flutuação dos corpos nos líquidos. Por isso, os alunos verificaram a massa e a forma dos objetos e realizaram experimentos, tal como, a construção de um submarino para analisarem o efeito da ação da água.

Para superar o senso comum e as concepções alternativas dos alunos, o autor argumenta que é necessário um corpo de conhecimento mais robusto por parte dos professores e o desenvolvimento de diferentes formas de lidar com os problemas que surgem, algo que eles também irão construindo. Consequentemente, cabe ao aluno (aquele que investiga) e ao professor (aquele que orienta a investigação) lidarem com situações de desequilíbrio e com as capacidades cognitivas, buscando a construção de conhecimentos coerentes com as evidências (empíricas ou não) que vão surgindo nas atividades investigativas.

Na procura de experiências atuais e práticas, buscou-se orientação no trabalho de Rosa e Becker (2007), que relata uma investigação realizada com alunos das séries iniciais, com atividades experimentais no ensino de Física, desenvolvidas de forma a envolver a participação ativa e o uso de equipamentos didáticos construídos a partir de materiais de uso cotidiano. A metodologia utilizada foi concentrada na experimentação com a participação ativa dos estudantes. O estudo trouxe elementos para refletir sobre a viabilidade e a importância de abordar conhecimentos de Física nas séries iniciais evidenciando a sua imprescindibilidade para os educadores comprometidos com a formação ampla e integral de seus alunos.

O processo investigatório desenvolvido nesse estudo permitiu acenar para a possibilidade de que as atividades experimentais possam representar uma alternativa metodológica na busca por tornar a aprendizagem em Ciências mais significativa para os estudantes, principalmente nas séries iniciais. Da mesma forma, também permitiu identificar que tais atividades ultrapassam as questões específicas do saber científico e atingem objetivos vinculados à dimensão afetiva, através da motivação para apreender.

Na bibliografia contemporânea, encontra-se no trabalho de Zimmermann e Evangelista (2004) uma experiência envolvendo uma turma de graduação em Pedagogia. O trabalho teve como objetivo desafiar as ideias, as inseguranças e as atitudes que muitos alunos desse curso têm em relação ao Ensino de Física no Curso Fundamental. Por meio de um questionário semiestruturado, foram coletados dados com o objetivo de levantar as concepções de ciências

e de ensino e aprendizagem de Física com os quais os alunos iniciam a disciplina. A análise desses dados mostrou que esses alunos da Pedagogia possuem grande aversão por Física e resistem à ideia de ensiná-la nas séries iniciais do Ensino Fundamental. A partir dos dados coletados, foi planejado um curso de Metodologia do Ensino de Ciências com a finalidade de ajudar os graduandos a superarem suas inseguranças em relação a ensinar Física futuramente.

Em relação ao ensino de conceitos de Física Térmica, Gonçalves (2005) desenvolveu um projeto utilizando tecnologias educacionais – vídeos, animações e simulações interativas de eventos físicos – como atividades complementares às aulas expositivas e demonstrativas, visando à aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio. As tecnologias foram utilizadas na sala de informática, onde era possível a interação do aluno com a simulação. Para tanto foi produzido um hipertexto sobre os conteúdos de Física Térmica abordados, incluindo muitas figuras, animações e vídeos.

O material produzido foi utilizado em uma experiência didática envolvendo os alunos do segundo ano da Escola Estadual André Leão Puento, situada em Canoas-RS, sendo que destes, 58 alunos – grupo experimental - foram submetidos às atividades complementares, e os demais, 53 alunos – grupo de controle – foram submetidos somente ao método tradicional. Os resultados mostraram que houve melhorias significativas no desempenho dos alunos do grupo experimental, quando comparado aos estudantes do grupo de controle. A motivação para aprender, gerada pelas atividades complementares e constatada por um questionário de avaliação, pode ter sido fundamental para atingir estes resultados.

Em relação ao ensino experimental de Física Térmica, Sias (2005) propôs a utilização da aquisição automática de dados através de dispositivos do tipo CBL (do inglês *Calculator Based Laboratory*). Aliando-se à grande potencialidade do uso destes dispositivos, à inexistência de trabalhos divulgados envolvendo seu uso no ensino de Física no Brasil, esses equipamentos foram usados no laboratório didático de Física Térmica no ensino médio do CEFET localizado na cidade de Pelotas-RS.

Dentre os assuntos abordados, cita-se: calor, temperatura e energia interna; resfriamento de um corpo; mudança de estado físico e pressão de vapor; transmissão do calor. Alguns desses assuntos não são normalmente abordados no ensino médio, como a lei de resfriamento e análise da curva de pressão de vapor. Outros tópicos levam a uma maior contextualização da Física, como umidade relativa do ar e formação de geada.

Através dessa experiência de implementação em aulas regulares de ensino médio, verificou-se a possibilidade de sua utilização neste nível de ensino.

O trabalho de Moreira *et al.* (2006) apresenta os primeiros resultados de uma pesquisa cujo objetivo é investigar dificuldades na aprendizagem de conceitos da termodinâmica (temperatura, calor e energia interna), apresentadas por estudantes do ensino médio e técnico, que podem servir de indicadores para futuras investigações sobre os chamados invariantes operatórios de Vergnaud. Tais invariantes, normalmente implícitos na estrutura cognitiva dos estudantes, podem servir como obstáculo à aprendizagem de conceitos. A pesquisa foi realizada com 99 estudantes da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha em Novo Hamburgo, RS, e nela foi feito o uso de um instrumento envolvendo situações a respeito de conteúdos da termodinâmica que foram respondidas pelos estudantes. Foram encontrados, nas respostas dos estudantes, indicadores de possíveis invariantes operatórios. Um dos indicadores de invariante operatório foi: “quando a energia interna aumenta, o trabalho seria positivo; ou quando a energia interna diminui, o trabalho seria negativo”, isso apareceu em muitos alunos, evidenciando o que foi constatado por Vergnaud a respeito da dificuldade que os estudantes têm em trabalhar com grandezas negativas. Outro possível indicador de invariante manifestado de uma forma muito sutil em distintos alunos em questões diferentes foi: “ocorre transferência de calor quando os corpos estão encostados”.

Tendo em vista os trabalhos anteriores, mencionados nesta seção, acredita-se que o ensino de Física nas séries iniciais, e a respectiva formação de professores para tal tarefa, é assunto de interesse e justifica este projeto. Buscar-se-á, pois, apoiar a estruturação da metodologia e a elaboração do texto de apoio, nos resultados relevantes apontados nestes estudos.

### 3. Referencial Teórico

O referencial teórico deste trabalho está centrado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e na teoria sociointeracionista de Vygotsky.

A teoria de Ausubel focaliza primordialmente a aprendizagem cognitiva. Para ele, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva e *“o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo”* (Moreira, 1999, p. 163).

#### 3.1. Ausubel e o conhecimento prévio

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Para Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (Moreira, 1999, p.153).

De acordo com Ausubel, para que ocorra a Aprendizagem Significativa são necessários (Moreira, 1999, p.155-156):

1. materiais de aprendizagem potencialmente significativos;
2. uma disposição por parte da pessoa que aprende em relacionar os conceitos apresentados no novo material com conceitos relevantes, já existentes na sua estrutura cognitiva, de forma substantiva e não-arbitrária.

Ausubel estuda questões da formação de significados no nível da consciência, em que esses significados são pontos de partida para a aquisição de outros significados.

As novas ideias e informações são aprendidas na medida em que novos conceitos estejam realmente claros na estrutura cognitiva do sujeito, funcionando como pontos de apoio para a ancoragem de novas ideias. Porém, a experiência cognitiva não se restringe apenas à relação entre os componentes da nova aprendizagem e conceitos já existentes, exige também alterações significativas na estrutura cognitiva por meio da interação com o novo material, de forma que os conceitos mais relevantes e inclusivos funcionem como ancoradouro para o novo material, mas também se modifiquem em função dessa ancoragem (Moreira e Masini, 1982, p. 4).

Ainda, segundo Ausubel, a essência da Aprendizagem Significativa está no processo em que o material novo, ideias e informações que apresentam uma estrutura lógica são relacionadas a um aspecto da estrutura cognitiva do aluno, como por exemplo, imagens,



símbolos, conceitos ou proposições, sendo por eles assimilados e incorporados à sua estrutura cognitiva (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p. 34). A assimilação de novos elementos na estrutura cognitiva ocorre em função das relações hierárquicas que o indivíduo estabelece, em que os conceitos mais inclusivos assimilam outros conceitos mais específicos, de modo que, nesse processo, todos os conceitos vão adquirindo novo significado para o indivíduo. Nesse processo, a nova informação baseia-se em conceitos relevantes existentes que Ausubel define como conceitos subsunçores, existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, sendo esta última concebida como uma estrutura organizada de conceitos que são abstrações da experiência do indivíduo.

De acordo com Moreira & Masini (1982), conforme ocorre a aprendizagem significativa, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações, o que leva à diferenciação progressiva e à reconciliação integradora. O favorecimento da diferenciação progressiva de conceitos pode servir como um princípio programático, segundo o qual as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina devem ser apresentadas desde o início da instrução e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidade (Moreira, 2003, p 160). Não se trata de um enfoque dedutivo, mas sim de uma abordagem na qual o que é mais relevante deve ser introduzido desde o início e, logo em seguida, trabalhado através de exemplos, situações, exercícios. As ideias gerais e inclusivas devem ser retomadas periodicamente favorecendo assim sua progressiva diferenciação.

A diferenciação progressiva pode beneficiar-se do uso de organizadores hierarquizados em ordem decrescente de inclusividade (Moreira & Masini, 1982). Tais organizadores, quando utilizados em situações práticas de aprendizagem, visariam fornecer um ancoradouro antes do aprendiz se confrontar com o novo material, de modo a se possibilitar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

De outra forma, a programação da disciplina deve não apenas proporcionar a diferenciação progressiva, mas também explorar relações entre conceitos e proposições, apontar diferenças e semelhanças importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes (Moreira, 2003, p. 160). É nisso que consiste a reconciliação integradora como princípio programático de um ensino que visa à aprendizagem significativa.

Na aprendizagem significativa não acontece apenas a retenção da estrutura do conhecimento, mas desenvolve-se a capacidade de transferi-lo para situações diferentes daquela em que ele se concretizou.

### 3.2. *Vygotsky e a teoria sóciointeracionista*

Vygotsky construiu sua teoria tendo por base o desenvolvimento do indivíduo como resultado de um processo sócio-histórico, enfatizando o papel da linguagem e da aprendizagem nesse desenvolvimento, sendo essa teoria considerada histórico-social. Sua questão central é a aquisição de conhecimentos pela interação do sujeito com o meio. A linguagem é o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo da criança, porque a libera dos vínculos contextuais concretos.

Segundo Vygotsky (Rego, 1996 p. 93), o homem é visto como alguém que transforma e é transformado nas relações que acontecem em uma determinada cultura. O que ocorre não é uma somatória entre fatores inatos e adquiridos e sim uma interação dialética que se dá, desde o nascimento, entre o ser humano e o meio social e cultural em que se insere. Assim, é possível constatar que o desenvolvimento humano é entendido não como a decorrência de fatores isolados que amadurecem, nem tampouco de fatores ambientais que agem sobre o organismo controlando seu comportamento, mas sim como produto de trocas recíprocas, que se estabelecem durante toda a vida, entre indivíduo e meio, cada aspecto influenciando sobre o outro. Vygotsky (1982) não nega que exista diferença entre os indivíduos, que uns estejam mais predispostos a algumas atividades do que outros, em razão do fator físico ou genético. Contudo, não entende que essa diferença seja determinante para a aprendizagem.

Para Vygotsky, a sala de aula deve ser considerada um lugar privilegiado de sistematização do conhecimento, de interação social, onde o professor é um articulador na construção do saber e todos terão possibilidade de falar, levantar suas hipóteses e, nas negociações, chegar a conclusões que ajudem o aluno a se perceber parte de um processo dinâmico de construção.

Vygotsky define a zona de desenvolvimento proximal como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de uma criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes (Vygotsky, 1988, p. 97).

A zona de desenvolvimento proximal define as operações ainda não maturadas, aquilo que o sujeito não é capaz de perceber sem auxílio de outra pessoa. Nas palavras do próprio Vygotsky, o ensino deve explorar a zona de desenvolvimento proximal, pois “bom aprendizado é aquele que se adianta ao desenvolvimento” (Vygotsky, 1993, p. 117), ou seja,

as situações de aprendizado devem expor a criança frequentemente ao material de ensino em nível um pouco superior àquele que a criança possa dar conta sem auxílio de outros.

A zona de desenvolvimento proximal é onde o desenvolvimento cognitivo ocorre. É dinâmica, define as funções que estão em processo de amadurecimento. Nessa zona deve ocorrer a interação social que provoca a aprendizagem. O desenvolvimento cognitivo é produzido pelo processo de internalização da interação social com materiais fornecidos pela cultura, sendo que o processo se constrói de fora para dentro. Para Vygotsky, a atividade do sujeito refere-se ao domínio dos instrumentos de mediação, inclusive sua transformação por uma atividade mental. Para ele, o sujeito não é apenas ativo, mas interativo, porque forma conhecimentos e se constitui a partir de relações intra e interpessoais.

O professor tem o papel explícito de interferir no processo, diferentemente de situações informais nas quais a criança aprende por imersão em um ambiente cultural. Portanto, é papel do docente provocar avanços nos alunos e isso se torna possível com sua interferência na zona proximal. O aluno não é tão somente o sujeito da aprendizagem, mas aquele que aprende junto ao outro o que o seu grupo social produz, tal como: valores, linguagem e o próprio conhecimento.

Ao observar a zona proximal, o educador pode orientar o aprendizado no sentido de adiantar o desenvolvimento potencial de uma criança, tornando-o real. Nesse ínterim, o ensino deve passar do grupo para o indivíduo. Em outras palavras, o ambiente influenciaria a internalização das atividades cognitivas no indivíduo, de modo que, o aprendizado gerasse o desenvolvimento. Portanto, o desenvolvimento mental só pode se realizar por intermédio do aprendizado.

A ação docente somente terá sentido se for realizada no plano da Zona de Desenvolvimento Proximal. Isto é, o professor constitui-se na pessoa mais competente que precisa ajudar o aluno na resolução de problemas que estão fora do seu alcance, desenvolvendo estratégias para que pouco a pouco possa resolvê-las de modo independente.

### *3.3. O referencial teórico e o curso de formação*

A teoria da aprendizagem Significativa de Ausubel foi importante para a realização desse trabalho, pois os alunos já possuem ideias prévias sobre os fenômenos abordados, as chamadas concepções alternativas. Não se teve a pretensão de promover uma mudança conceitual rápida dessas concepções para as cientificamente aceitas. O que se pretendeu foi dar início, através do curso de formação, a uma evolução conceitual, tendo em vista que as

concepções alternativas estão muito presentes nos alunos do Curso Normal, como se pode perceber através da aplicação do teste sobre concepções alternativas de Calor e Temperatura.

A partir das concepções prévias dos alunos, procurou-se desenvolver materiais que os motivassem, orientados pelo princípio da diferenciação progressiva e pela reconciliação integradora, a fim de que ocorresse a aprendizagem significativa.

A teoria de Vygotsky também foi importante, tendo em vista que o trabalho foi realizado de maneira participativa, favorecendo a interação social entre os professores e a turma, e dos alunos entre si. Dessa forma, considerou-se que o compartilhamento, e a negociação de significados entre os participantes, professor e alunos, foram fundamentais para a aprendizagem.

Na medida do possível, buscou-se apresentar problemas que contivessem elementos dentro da Zona de Desenvolvimento Real dos alunos, mas que contivessem também elementos da zona cognitiva que se encontra em fase de desenvolvimento, a Zona de Desenvolvimento Proximal. O trabalho em grupo e cooperativo entre os estudantes e o próprio professor leva os alunos a avançarem; transformando, assim, a Zona de Desenvolvimento Proximal em Zona de Desenvolvimento Real.

#### **4. Apresentação da proposta didática**

Esta dissertação tem por objetivo desenvolver um trabalho de qualificação de alunos do Curso Normal para o ensino de Física Térmica nas séries iniciais do Ensino Fundamental. O trabalho é composto por uma revisão teórica dos conteúdos, por experimentos aplicáveis nas séries iniciais e por textos de apoio.

Ao elaborarem-se as atividades para o trabalho de qualificação, considerou-se que o aluno deve ser capaz de reproduzir o fenômeno pela sua própria ação, ser capaz de variá-la a fim de observar as variações correspondentes. Isso oportunizará a estruturação das regularidades inerentes a cada fenômeno. Mas para que isso ocorra, tem-se que escolher fenômenos em que a reação do objeto seja imediata e perfeitamente visível.

Esse trabalho consiste em seis módulos independentes que abordam os conteúdos de Física Térmica. O módulo I, cujo título é energia, inicia com uma discussão de como o termo energia é utilizado no cotidiano e em muitos livros de Ciências nas séries iniciais e, a seguir, faz-se uma análise das fontes e das formas de energia. No final, é feita uma análise da evolução do conceito de calor.

O módulo II trata da temperatura e de seus efeitos, fazendo uma análise do ponto de vista macroscópico e microscópico. Nesse módulo, também são analisados o equilíbrio térmico, o funcionamento dos termômetros e as escalas termométricas.

No módulo III, são tratados os efeitos da dilatação térmica, procurando evidenciar as aplicações práticas desse efeito tais como: as juntas de dilatação, as restaurações dentárias, as lâminas bimetálicas, as diferenças entre os pratos de vidro pirex e os pratos de vidro comum etc.

No módulo IV, é retomada a ideia de energia em movimento, sendo discutidas as diferenças entre o calor sensível e calor latente. Já no módulo V, são tratadas as formas de transmissão de calor e as suas aplicações práticas como, por exemplo, as brisas marinhas, os refrigeradores, a inversão térmica, o efeito estufa e as garrafas térmicas.

No módulo VI, discutem-se as mudanças de fase e a influência que a pressão exerce nas mesmas. Procura-se também evidenciar as aplicações das mudanças de fase no dia a dia, como, por exemplo, no ato de cozinhar: as panelas de pressão, o frio produzido pela evaporação.

Os módulos foram apresentados através de slides, vídeos e experiências realizadas em grupos.

Durante a primeira aplicação da abordagem didática, foi possível perceber que, de modo geral, os alunos com os quais se trabalhou, formandos do Curso Normal, não

possuem conhecimentos adequados da matéria de Ciências e, em particular, da Física que vão ensinar nas séries iniciais do Ensino Fundamental, bem como apresentam grandes dúvidas de como esse conhecimento deve ser trabalhado com seus futuros alunos.

O objetivo inicial do curso era ampliar o conhecimento de Física Térmica dos alunos do Curso Normal, tendo em vista que o professor deve conhecer, de maneira aprofundada, o conteúdo que vai ministrar e as suas aplicações em situações do dia a dia dos alunos.

Assim como Menezes (1996) e Longhini (2008), acredita-se que o conhecimento do conteúdo específico refere-se ao corpo do conhecimento que se irá ensinar, o que inclui saber como se deu o desenvolvimento histórico, seus desdobramentos atuais, as teorias que lhe dão suporte e o relacionamento com outras disciplinas.

Sabe-se que a realidade dos cursos de formação de professores para o ensino de Ciências nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental está muito distante do esperado. Isso ficou comprovado na primeira aplicação do curso de formação. Nessa aplicação, também percebe-se a necessidade de aprimorar-se a proposta e, para isso, realizaram-se mais duas aplicações do curso com algumas alterações.

Mais especificamente, na segunda aplicação do material, trabalhou-se também com tarefas que envolveram o planejamento e a apresentação das atividades didáticas voltadas para o ensino das séries iniciais do Ensino Fundamental (intensificadas na terceira aplicação). Para guiar o desenvolvimento dessas tarefas, teve-se como base a abordagem dos três momentos pedagógicos proposta por Delizoicov e Angotti (2007) por julgar-se que tal proposta possa ser adequada à realidade do Ensino de Ciências de modo a reverter o distanciamento dos fenômenos físicos e das situações cotidianas próximas aos alunos.

Essa proposta, como seu próprio nome já diz, é dividida em três momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

Na problematização devem ser apresentadas situações para a discussão com os alunos. Sua função, mais do que uma simples motivação para introduzir o conteúdo, é fazer a ligação desse conteúdo com situações reais, que os alunos conhecem e presenciam, e para as quais provavelmente não dispõem de conhecimento suficiente para interpretá-las corretamente do ponto de vista científico.

Nesse momento, foram discutidas afirmações comuns no cotidiano, tais como: “quanto maior a temperatura de um corpo mais calor ele possui” e “os cobertores de lã nos aquecem no inverno”, que serviram de motivação e, principalmente, elemento de observação das concepções que os alunos já possuíam. A problematização foi importante,

pois permitiu que os alunos sentissem necessidade de adquirir outros conhecimentos e fazer a ligação desses conteúdos com situações reais que eles conhecem e presenciam, embora também exijam, para interpretá-las, a introdução de conhecimentos contidos nas teorias científicas. Nesse momento, a principal atuação do professor foi como questionador, procurando sempre vincular as questões formuladas ao conteúdo a ser estudado.

No segundo momento, os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial foram sistematicamente estudados sob a orientação do professor para que o aluno perceba outras visões e explicações para as situações problematizadas e também que ele compare esse conhecimento com o seu para usá-lo nas interpretações dos fenômenos. Para explicarem-se as situações problematizadas, foi feita uma apresentação do conteúdo intercalada com experimentações e também se procurava, nesse momento, fazer indagações que levassem os alunos a buscar novas explicações para os fenômenos do dia a dia. Pode-se citar como exemplo a construção de termoscópios com o objetivo de entender as propriedades termométricas das substâncias e também a construção de vários anéis de metais diferentes para explicar a dilatação térmica. É nesse momento que a resolução de exercícios e de problemas pode desempenhar uma função formativa na apropriação de conhecimentos específicos.

O terceiro momento destina-se a abordar sistematicamente o conteúdo trabalhado para que o aluno perceba suas implicações práticas e possa vincular e perceber a utilidade do conhecimento a ser construído. Além disso, é desejável também aplicá-lo em outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento e, dessa maneira, explorar o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas.

O ensino de Ciências nas Séries Iniciais deverá propiciar, para todos os estudantes, os conhecimentos e as oportunidades de desenvolvimento de capacidades necessárias para se orientarem numa sociedade complexa, compreendendo o que se passa à sua volta, tomando posição e intervindo na sua realidade, possibilitando, assim, que os alunos exerçam a sua cidadania.

“Para o exercício pleno da cidadania, um mínimo de formação básica em Ciências deve ser desenvolvido, de modo a fornecer instrumentos que possibilitem uma melhor compreensão da sociedade em que vivemos” (Delizoicov e Angotti, 1990, p.56).

Sabe-se que é nas Séries Iniciais que a criança constrói seus conceitos e aprende de modo mais significativo devido à sua curiosidade e ao ambiente que a rodeia, apropriando-se dos significados apresentados no ensino das Ciências e compreendendo-os. Portanto,

reitera-se a importância do projeto na formação dos alunos do Curso Normal, futuros professores das séries iniciais, e também na formação continuada dos já atuantes professores nas séries iniciais.

Apresenta-se no Apêndice 1 o texto de apoio ao professor sobre Física Térmica que foi o produto educacional desenvolvido no âmbito desta dissertação. Na construção desse material, procurou-se, dentro de uma abordagem ausubeliana, apresentar uma visão geral de cada assunto, para depois tratar-se de suas particularidades. Por esse motivo, o primeiro capítulo dá uma visão geral de energia e da evolução do conceito de calor. Em cada capítulo procurou-se, dentro do possível, colocar aplicações tecnológicas, perguntas respondidas – que tratam de fatos curiosos ou de concepções alternativas – e experiências simples.

A bibliografia utilizada foi bem variada, sendo constituída, inclusive, por obras mais antigas, que abordam vários assuntos abandonados por muitos autores atuais.

Inicialmente, foi aplicado um teste com o objetivo de verificar as concepções alternativas que os alunos possuíam sobre os conceitos de temperatura e de calor. Para a avaliação inicial, foi escolhido o teste sobre concepções alternativas de Calor e Temperatura<sup>1</sup>, que se encontra no Anexo 1.

---

<sup>1</sup> SILVEIRA, F.L. e MOREIRA, M. A. (1996). 1. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 14(1), 75–86.



## 5- Aplicação da proposta

Para implementar o trabalho, foi realizado um curso de extensão desta universidade para alunos do Curso Normal do Colégio Municipal Pelotense e do Instituto Educacional Estadual Assis Brasil, ambos na cidade de Pelotas (RS). Foram realizadas três aplicações do curso, sendo que, nas duas primeiras, participaram 12 alunos da quarta série do Curso Normal do Colégio Municipal Pelotense em cada uma e, na terceira, participaram 14 alunos recém formados no Instituto Educacional Estadual Assis Brasil.

A primeira aplicação do curso ocorreu em outubro de 2008; a segunda, em novembro de 2008 e a terceira, em fevereiro de 2009. Cada aplicação teve um total de vinte e quatro horas-aula divididos em quatro encontros de seis horas-aula.

A faixa etária dos alunos variou entre 17 e 50 anos. Alguns faziam apenas a complementação de estudos, pois já tinham o Ensino Médio concluído, ou ainda, como o caso de uma aluna, já possuía curso Superior completo (Arquitetura).

Ao apresentar-se a proposta do curso para os alunos, teve-se uma grande receptividade, pois, apesar de muitos deles já estarem com pré-estágio no turno inverso, fato que a princípio inviabilizava a presença no formato original do curso, sugeriram uma forma mais concentrada, ou seja, quatro encontros de seis horas-aula, com simultânea utilização dos sábados.

Os alunos do Colégio Municipal Pelotense participam de um grande número de atividades extra classe, por isso, embora tenha-se adaptado o formato do curso, alguns não conseguiram participar de todos os encontros na primeira aplicação. Contudo, esses alunos recuperaram os módulos perdidos na segunda aplicação. De um total de 40 alunos inscritos, 16 confirmaram a participação na primeira aplicação e 12 na segunda. Dos 16 inscritos para a primeira aplicação, apenas 12 realmente participaram. Na terceira aplicação ocorreram 20 inscrições, mas 14 compareceram, tendo participado de todas as atividades.

### 5.1- *Análise do teste de concepções alternativas de calor e temperatura*<sup>2</sup>

Sempre se teve claro que os alunos já possuíam ideias prévias sobre a explicação dos fenômenos abordados, e que muitas delas eram concepções alternativas às científicas. Tendo isso em vista, o objetivo da aplicação do teste foi identificar quais eram as concepções

---

<sup>2</sup> SILVEIRA, F.L. e MOREIRA, M. A. (1996). 1. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 14(1), 75–86.

alternativas mais frequentes e, durante o curso, confrontá-las com as cientificamente aceitas. Sabe-se que a evolução conceitual não acontece de imediato, mas acredita-se que esse processo, em muitos casos, tenha-se iniciado.

A Tabela 1 apresenta os resultados do teste de Concepções Alternativas de Temperatura e Calor organizados em três grupos: Calor, Temperatura e Energia Interna.

**Tabela 1 – A tabela mostra o número de acertos, e a média de acertos das três aplicações em cada questão do teste de concepções alternativas associadas aos conceitos-chave calor, temperatura e energia interna.**

Conceitos-chave	Questão	1º Aplicação (12 alunos)	2º Aplicação (12 alunos)	3º Aplicação (14 alunos)	Média (38 alunos)
Calor	1	7	6	2	26%
	2	10	6	6	
	3	4	5	7	
	4	2	2	1	
	9	1	2	2	
	13	2	3	1	
	14	1	1	0	
	15	3	2	2	
	16	1	1	4	
22	4	4	7		
Temperatura	5	2	3	8	41%
	7	6	7	4	
	8	4	3	8	
	11	7	7	12	
	12	4	5	3	
	23	3	4	5	
Energia Interna	6	3	3	1	27%
	10	7	4	6	
	17	2	1	0	
	18	7	1	8	
	19	6	6	3	
	20	2	2	2	
	21	4	4	0	

A análise do resultado do teste de concepções alternativas de Temperatura e Calor foi importante à execução das aulas, pois propiciou a adequação dos assuntos motivadores utilizados na problematização inicial de cada encontro subsequente para que convergissem para as concepções já existentes com o objetivo de iniciar o processo de mudança dessas concepções.

Um dos objetivos da primeira e da segunda aplicação deste material foi aprimorá-lo, sendo a terceira edição do curso aquela melhor desenvolvida. Tendo isso em vista, e também para tornar o relatório das atividades mais objetivo e menos extenso, optou-se por detalhar

apenas a terceira aplicação, sem deixar de mencionar qualquer informação que se julgou relevante em relação às aplicações anteriores.

## 5.2. *Primeiro Encontro*

No início do curso, realizou-se uma breve apresentação do projeto e explicou-se como as atividades seriam desenvolvidas. A seguir, foi solicitado aos alunos que resolvessem o teste sobre as concepções alternativas de Calor e Temperatura. Após esse momento inicial, foi-lhes entregue o texto de apoio didático e explicado como tal texto seria explorado. Esse texto encontra-se no Apêndice 1.

Naquela ocasião, discutiu-se que, nos livros didáticos das séries iniciais, o termo energia é usado como sinônimo de fonte de energia, como por exemplo, na frase: “A energia do Sol é uma energia limpa<sup>3</sup>”. A seguir foram mostradas as fontes de energia renováveis, tais como o Sol, o vento, a energia das marés, a água, a biomassa, o biogás, o biocombustível líquido e o gás hidrogênio; e não-renováveis, tais como o gás natural, o carvão, o petróleo bruto e a energia nuclear. Na sequência, foram apresentados os impactos ambientais decorrentes da utilização dessas energias, discutindo as vantagens e as desvantagens do seu uso. Alguns exemplos apresentados foram os parques eólicos que alteram a paisagem e, se colocados em rotas migratórias, podem provocar a morte de muitas aves. Já as centrais hidroelétricas (barragens) provocam inundações, alterando o equilíbrio dos ecossistemas. Teve-se a preocupação de sempre partir-se dos aspectos mais relevantes e inclusivos do assunto, para depois serem sistematicamente retomados com maior nível de detalhamento.

A seguir foram trabalhados outros conceitos muito utilizados nas séries iniciais como temperatura, calor e energia térmica (energia interna). Foi dada ênfase ao fato de calor ser uma forma de energia em movimento, pois foi possível perceber que era muito forte, entre os alunos, a percepção de calor como um fluido que é transferido entre os corpos (teoria do calórico). Também foi indispensável estabelecer a definição de energia interna e, além disso, deixar claro que o importante não é determinar a energia interna, e sim a sua variação.

Foi mostrado que todas essas formas estão incluídas nas três formas fundamentais de energia: a cinética, devido ao movimento; a potencial, devido ao efeito das forças de interações; a energia devido à massa, dada pela equação de Einstein,  $E = mc^2$ .

---

<sup>3</sup> TRIGO, E.C. e TRIGO, E.M. (2002). 4ª série – 6ª edição - p. 30 – São Paulo: Saraiva.

Os livros didáticos utilizados na maioria das escolas da rede pública de ensino recebidos do Governo Federal e os adotados nas escolas da rede particular, muitas vezes, não atendem às necessidades dos alunos. Muitos desses livros possuem falhas na sua elaboração no que se refere principalmente à Física Térmica. São gráficos, desenhos, conceitos e definições, com pequenas falhas ou até mesmo erros graves, que não são detectados pelos professores.

Mostraram-se exemplos de livros didáticos em que tais conceitos foram mal utilizados, ou ao menos de forma ambígua, como: “..., você usa um cobertor para se aquecer”<sup>4</sup>. Foi feita uma discussão sobre esses erros, sendo solicitado aos alunos que analisassem os livros didáticos que estão sendo ou foram utilizados no estágio.

Em um segundo momento os alunos assistiram a dois vídeos produzidos pelo COPPE<sup>5</sup>/UFRJ sobre o funcionamento de uma usina nuclear e de uma usina que aproveita a energia das ondas e outros dois vídeos produzidos pela CEDERJ<sup>6</sup>/UFRJ. Um que mostrava o calor como uma forma de energia e outro refutando a teoria do calórico.

### 5.3. Segundo Encontro

A partir do segundo encontro intensificamos as interações entre os alunos e entre professor e alunos, fazendo que eles participassem intensamente da aula e a partir de trabalhos em grupo, pois isso propicia um ambiente favorável para a aprendizagem.

Também procurou-se exercer o papel de mediador levando em consideração os conhecimentos que os alunos já possuíam sobre o assunto e tentou-se utilizar os organizadores prévios (são informações e recursos introdutórios, que devem ser apresentados antes dos conteúdos, uma vez que tem a função de servir de ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber para que ocorra aprendizagem significativa) ancorando a nova aprendizagem, levando o aluno ao desenvolvimento de conceitos subsunçores, de modo a facilitar a aprendizagem subsequente.

Inicialmente, realizou-se uma apresentação sobre temperatura, equilíbrio térmico, termômetro e escalas termométricas. A apresentação do conteúdo era intercalada com experimentações.

---

<sup>4</sup> RAMOS, S. e Meirelles, E. (2004). Ciências 4 – p. 73 – São Paulo: IBEP.

<sup>5</sup> Coordenação dos programas de pós-graduação em engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

<sup>6</sup> Centro de Educação a Distância do Estado do Rio de Janeiro.

Para confirmar a ideia de que as sensações táteis de “quente” e de “frio”, que nos transmite a primeira noção de temperatura pode levar a conclusões erradas, foi feito um experimento em que os alunos colocavam simultaneamente a mão direita num recipiente com água a 5°C e a esquerda na água a 45°C (Figura 1). A seguir as duas mãos eram colocadas em um recipiente a 20°C.



**Figura 1- Alunos<sup>7</sup> realizando a experiência para confirmar que as sensações táteis de quente e frio podem levar a conclusões erradas.**

Cada aluno, para entender o funcionamento de um termômetro e as propriedades termométricas, construiu um termoscópio de água. A seguir foi construído um termômetro caseiro de álcool. O termômetro “caseiro” construído permitiu entender toda a técnica de construção de escalas termométricas, bem como analisar as escolhas dos pontos fixos e fazer medidas aproximadas de temperatura.



**Figura 2 - Alunos construindo e utilizando um termoscópio.**

Foi feita uma apresentação mostrando os efeitos da dilatação térmica com uma série de experimentos construídos juntamente com os alunos.

Foram construídos vários anéis de fio de cobre e de alumínio, com o diâmetro um pouco menor que esferas de ferro. A seguir os anéis eram aquecidos e os alunos verificavam

---

<sup>7</sup> Os alunos que aparecem nas fotos autorizaram a divulgação de sua imagem.

que as esferas conseguiam passar (Figura 3). Os alunos construíram os anéis com alicates e usaram o tubo de canetas esferográficas para prender os anéis, a fim de não se queimarem (Figura 4).



**Figura 3 – Dispositivo construído para mostrar a dilatação de um anel. (a) A esfera não passa pelo anel. (b) Extremidade isolada com o plástico de uma caneta. (c) O anel sendo aquecido.**



**Figura 4- Alunos construindo os anéis para experimentos de dilatação térmica.**

A seguir foram feitas lâminas bimetálicas usando papel alumínio, cartolina e cola rápida (Figura 5).



**Figura 5- (a) Lâminas bimetálicas construídas pelos alunos e sua (b) utilização.**

Também foram discutidas as diferenças entre os recipientes de vidro comum e de vidro pirex. Ainda foi discutida a dilatação dos líquidos e foram feitos experimentos para mostrar a dilatação aparente do líquido, a do frasco e a real do líquido. Também foi mostrado

o motivo de o sistema frasco-líquido, quando aquecido pela base, no início, diminuir o nível do líquido, mas quando aquecido com um ebulidor, isso não ocorre.

Nas segunda e terceira aplicações do curso, foi solicitado aos alunos que, em grupos, elaborassem o planejamento de uma aula referente aos conteúdos de Física Térmica presentes nos livros didáticos das séries iniciais. Para essa atividade, foram utilizados os livros apresentados no primeiro encontro e os que os alunos tinham como referência para os seus estágios.

#### *5.4. Terceiro Encontro*

Nesse encontro, foram retomados os conceitos de calor e de energia interna e discutidos os significados de calor sensível e latente. Quando foi tratado o calor sensível, foram discutidos os significados de capacidade térmica e de calor específico. Os alunos, em grupos, fizeram um experimento expondo a uma lâmpada incandescente uma mesma massa de água e areia, com a mesma superfície livre. Eles observaram as variações de temperatura ocorridas na superfície da água e da areia.

Foi feito também um experimento colocando-se em um recipiente gelo picado com sal. Observou-se que a temperatura da mistura atingiu valor abaixo de  $-10^{\circ}\text{C}$ . A seguir, colocou-se um recipiente de vidro (tubo de ensaio) com água dentro da mistura para acompanhar as variações térmicas. A temperatura inicial da água no tubo era aproximadamente  $22^{\circ}\text{C}$  e, logo em seguida, atingia a temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ . Foi discutido o conceito de calor sensível. A seguir, percebeu-se que a temperatura permanecia constante e igual a  $0^{\circ}\text{C}$ , até que toda a água solidificasse. Nesse momento, foi discutido o conceito de calor latente e apresentou-se um diagrama mostrando a evolução da temperatura em função da quantidade de energia transferida na forma de calor.

A seguir, foi feita uma apresentação sobre transmissão de calor. Começou-se discutindo a transmissão de calor por condução, e os alunos construíram o experimento mostrado na Figura 6, em que estão representados um copo de alumínio e quatro barras de diferentes materiais, nas quais colocamos um corte de vela em uma de suas extremidades e a outra em contato com água fervente. Foi mostrada a diferença de condutividade térmica entre os materiais (cobre, alumínio, latão e madeira).





**Figura 6- (a) Dispositivo construído para mostrar a transmissão de calor por condução nos diferentes materiais. (b) Alunos trabalhando na construção do dispositivo.**

Também foi apresentado o sistema representado na Figura 7 para mostrar a diferença de condutividade entre o cobre, o alumínio, o aço, a liga metálica de ferro, latão e bronze.



**Figura 7- Dispositivo construído para mostrar a transmissão de calor por condução nos diferentes materiais.**

Discutiu-se, ainda, que sempre que se quer um bom isolamento térmico para a condução, procuram-se materiais que tenham a propriedade de manter uma camada de ar estacionária no seu interior. A lã é muito usada, pois, além de ser um excelente isolante térmico, também armazena ar entre as suas fibras. É, também, para obter esse efeito que, em dias frios, os pássaros eriçam suas penas de modo a manter, entre elas, camadas de ar, assim como são usados cabos de plástico e madeira em utensílios domésticos, como, por exemplo, nas panelas. Também fez-se referência às panelas de inox com fundo triplo (alumínio e cobre), para que os alunos entendessem a sua construção e o porquê de serem mais eficientes que as panelas de inox comum, assim como ao gelo depositado no congelador de um refrigerador, que dificulta as trocas de calor por condução.

Outro aspecto abordado foi o fato de que, quando se toca em uma peça de metal e em um pedaço de madeira, ambos no mesmo ambiente, isto é, ambos à mesma temperatura, o metal dá a sensação de estar mais frio que a madeira. Isso ocorre porque o metal é um melhor condutor térmico que a madeira. Assim, haverá uma transferência de energia mais rápida (e



maior se os tempos de contato forem iguais) da mão para a peça metálica do que para o pedaço de madeira. Da mesma maneira, ao tocar um piso de madeira tem-se a sensação de que este é mais quente que o piso de ladrilho porque o pé e o ladrilho trocam calor muito mais rapidamente do que o pé e a madeira. Mostraram-se exemplos de livros didáticos em que tais conceitos foram mal utilizados. Como: “há corpos que se aquecem com mais rapidez e, por isso conduzem (transmitem) o calor com facilidade”<sup>8</sup>.

A seguir foi apresentada a transmissão de calor por convecção. Foi explicado que, em um refrigerador, ocorre a formação de correntes de convecção. Na parte superior, as camadas de ar, em contato com o congelador, cedem energia térmica a ele por condução. O ar desta região torna-se mais denso e desloca-se para a parte de baixo do refrigerador, enquanto que as camadas de ar desta região, por serem menos densas, deslocam-se para cima. Essa circulação de ar, causada pela convecção, faz com que a temperatura seja, aproximadamente, a mesma em todos os pontos do refrigerador, com exceção da parte interna do congelador.

Também analisou-se que o clima da Terra depende de muitos fatores. Um dos fatores importantes é a energia térmica dos oceanos. Durante o dia, os raios solares que incidem nos oceanos fazem aumentar a temperatura da água do mar. Como ela possui um calor específico elevado e a massa da água dos oceanos é muito grande, os oceanos levam muito tempo para aquecer e também muito tempo para esfriar. As substâncias de que são feitos os continentes, por outro lado, possuem um calor específico muito menor e apenas uma camada relativamente estreita da superfície é aquecida pelo sol. Assim, os continentes esquentam e esfriam muito mais rapidamente que os oceanos.

No litoral, durante o dia, o ar próximo à superfície da Terra se aquece mais rapidamente do que o ar próximo à superfície do mar. Assim, o ar que está sobre a areia sobe e abre um espaço, que é rapidamente ocupado pelo ar mais frio, aquele que está sobre o mar. Forma-se, assim, uma corrente de ar que chamamos de brisa marítima, pois sopra do mar para a terra.

Depois que o Sol se põe, a água e a areia deixam de receber energia e começam a esfriar de forma dispar, pois a areia esfria rapidamente, e a água do mar demora. O ar que está sobre o mar fica mais quente do que o ar que está sobre a areia, por isso fica menos denso e sobe. Assim, o ar que está sobre a areia se desloca em direção ao mar: é a brisa terrestre.

Também foi analisado que as correntes de convecção são importantes para a dispersão de poluentes atmosféricos. Nas grandes cidades, devido ao elevado número de indústrias e de

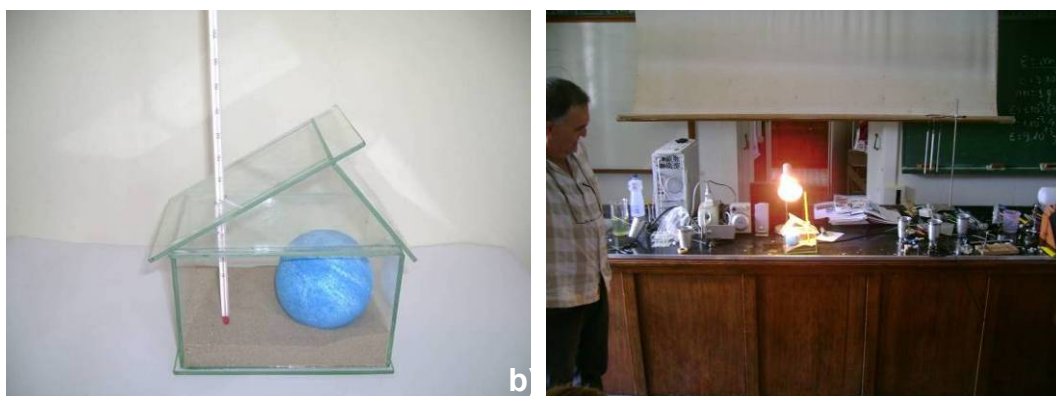
---

<sup>8</sup> Autores: Maria Teresa, Maria do Carmo, Maria Elisabete e Armando Coelho. 4ª Série – Ed Scipione.

veículos automotores em circulação, o ar atmosférico recebe grandes quantidades de poluentes. Os principais são o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Esses poluentes causam problemas de saúde, principalmente irritações nos olhos e nas vias respiratórias.

Como esses gases são liberados a uma temperatura maior do que a do ar atmosférico, os poluentes deveriam subir e se dispersar nas camadas superiores atmosféricas. Mas isso nem sempre acontece, dependendo do tipo de poluente, da concentração e também da época do ano.

Na transmissão de calor por irradiação, foram discutidos os fenômenos da inversão térmica e o efeito estufa. Foi apresentada também uma casa de vidro (Figura 8) para demonstrar o efeito estufa.



**Figura 8- (a) Casa de vidro construída para mostrar o efeito estufa. (b) Casa de vidro exposta a radiação emitida por uma lâmpada.**

Também foi montado um protótipo de um aquecedor solar (Figura 9), em que foram explorados os três processos de transmissão de calor, usando-se uma lâmpada incandescente de 250 W para substituir o Sol. Assim foi possível observar o aquecimento da água.



**Figura 9 – Alunos verificando a variação de temperatura que ocorre no reservatório de água no protótipo do aquecedor solar.**

Abordou-se também que, quando a radiação térmica incide em um corpo, parte dela é absorvida e parte é refletida por ele. Os corpos escuros absorvem a maior parte da radiação incidente. É por isso que um objeto preto, colocado ao Sol, tem a sua temperatura sensivelmente elevada. Por outro lado, os corpos claros refletem quase totalmente a radiação térmica incidente. Para exemplificar, foram usados três termômetros. Um com o bulbo revestido com papel branco, o segundo com o bulbo revestido com papel carbono e o terceiro sem nenhum revestimento, sendo todos expostos a uma lâmpada incandescente de 250 W. Os alunos acompanharam as evoluções da temperatura. Ocorreu nesse momento também a discussão dos princípios da construção da garrafa térmica.

No final, foram apresentadas partes do documentário *Uma Verdade Inconveniente de Al Gore*<sup>9</sup>. O documentário mostrava, inicialmente, como ocorre o efeito estufa e sua importância para a vida na Terra e, posteriormente, as medições feitas por Roger Revelle sobre o aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, as consequências futuras para o planeta e as suas confirmações hoje, como por exemplo, o derretimento das geleiras no Alasca, na Argentina e no Peru; o descongelamento do Monte Kilimanjaro (na África), dos Alpes Italianos, e dos Suíços.

O documentário também mostrou as grandes variações de temperatura que vêm ocorrendo na Terra desde 1846 até hoje, e a constatação de que as maiores temperaturas ocorreram nos últimos 14 anos. Foram mostradas as consequências do aquecimento ocorrido com as águas dos oceanos, onde se observa o aumento do número e da intensidade das tempestades, furacões e tufões. Acompanhou-se, também, o registro de um furacão no Atlântico Sul.

Também foram mostradas as consequências do aquecimento global no Polo Norte, mostrando a diminuição da espessura e da extensão da calota polar do Ártico e o aparecimento de ursos polares mortos por afogamento, obrigados a nadar distâncias maiores que 90 km para encontrarem gelo. Também foi tratada a importância das correntes oceânicas para o clima da Terra. Ao término desse encontro, foi feita uma discussão sobre os efeitos do aquecimento global, as suas implicações e a responsabilidade de cada um.

---

<sup>9</sup> Documentário de 100 minutos da Paramount Classics, produzido por Al Gore e dirigido por Davis Guggenheim.

### 5.5. Quarto encontro

Inicialmente, foram discutidas situações que tratavam das fases da matéria e das mudanças de fase com o objetivo de motivar os alunos. Dessa maneira, os alunos sentiram-se confortáveis para expor as concepções que já possuíam.

Também foi feita uma análise das fases da matéria do ponto de vista microscópico e da influência que a pressão exerce. Foi analisado que, sob determinadas condições de temperatura e de pressão, uma substância pode passar de uma fase para outra. Quando a substância, durante a mudança de fase, absorve energia na forma de calor, essa transformação é chamada endotérmica. Já quando cede energia na forma de calor, é chamada exotérmica. Também foi explicado que, para conseguirmos uma mudança de fase, é suficiente variar convenientemente a pressão e/ou a temperatura.

A seguir foram tratadas as leis da fusão cristalina, usando novamente a mistura de gelo picado com sal. Observou-se que a temperatura da mistura atingiu uma temperatura menor que  $-10^{\circ}\text{C}$ . Colocou-se, em um recipiente de vidro (tubo de ensaio), água dentro da mistura e acompanhou-se a variação térmica. A temperatura inicial da água no tubo era aproximadamente  $24^{\circ}\text{C}$  e, logo em seguida, atingia a temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ . A seguir, observou-se que a temperatura permanecia constante e igual a  $0^{\circ}\text{C}$ , até que toda a água solidificasse. Nesse momento, foi discutido novamente o conceito de calor latente e o aumento de volume da água durante a solidificação.



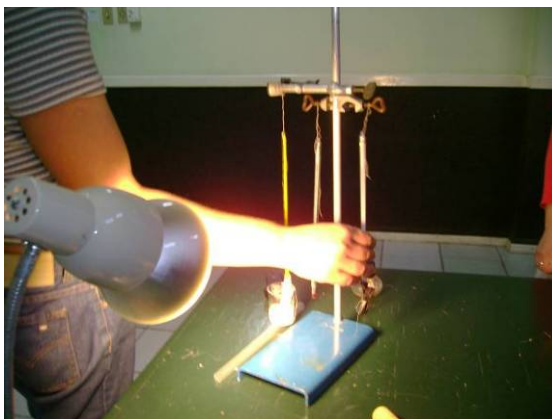
**Figura 10-** (a) Alunos observando o efeito do abaixamento da temperatura do gelo com a colocação de sal de cozinha. (b) Alunos observando a temperatura da água durante a solidificação.

Em seguida foi explicado o fenômeno do regelo (experiência de Tyndall), quando se discutiu a influência da pressão na temperatura de fusão (solidificação).



**Figura 11 – Alunos observando o fenômeno do regelo.**

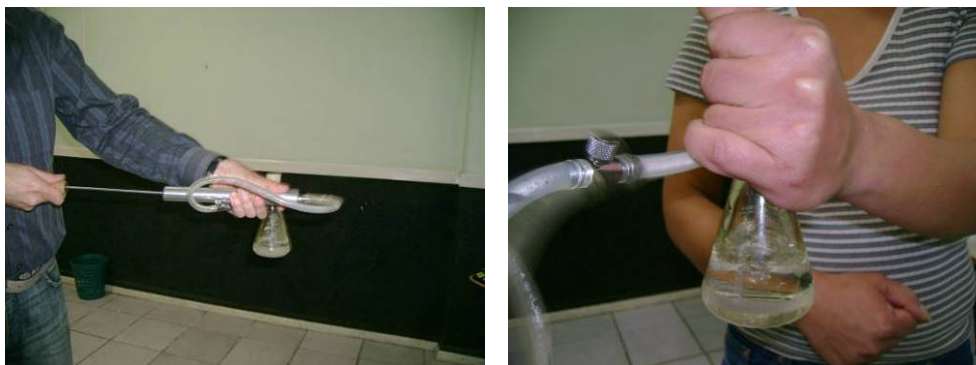
Ainda foi apresentada a vaporização (ebulição, evaporação e calefação). Foi realizada a experiência com três termômetros (Figura 12). O primeiro com o bulbo úmido (o bulbo coberto com um tecido de algodão), o segundo com bulbo seco e o terceiro coberto com papel carbono, todos expostos a um ventilador de teto e a uma fonte térmica (lâmpada incandescente de 250 W). Um dos objetivos da demonstração foi perceber o frio produzido pela evaporação e o outro, mostrar que o bulbo revestido com o papel carbono apresentava maior variação de temperatura devido à irradiação. Durante a demonstração também foram discutidos os fatores que influenciam na rapidez de evaporação. A seguir, o experimento foi repetido sem o ventilador e sem a lâmpada, com o objetivo de determinar a umidade relativa do ar, usando uma tabela.



**Figura 12 – Aluno conferindo a temperatura em cada um dos termômetros - bulbo seco, bulbo revestido com papel carbono e bulbo úmido - expostos a uma lâmpada incandescente e a um ventilador de teto.**

A seguir foi realizada uma demonstração, usando uma bomba de “encher” bola invertida, um kitasato<sup>10</sup> e uma válvula de aparelho de medir pressão, a fim de mostrar a influência da pressão na temperatura de ebulição (Figura 13). Conseguiu-se que a água entrasse em ebulição a aproximadamente 65 °C.

<sup>10</sup> Frasco de vidro cônico com saída lateral.



**Figura 13 – Dispositivo construído para mostrar a influência da pressão na temperatura de ebulição.**

Durante a exposição, também foram tratadas questões do dia a dia, como por exemplo, o porquê do milho de pipoca estourar, bem como a Física aplicada na ação de cozinhar.

### *5.6- Discussão dos resultados*

Ao analisarem-se os resultados conclui-se que os alunos das séries finais do Curso Normal e aqueles que o concluíram recentemente estão completamente despreparados para ensinar Ciências, em particular a Física. As concepções alternativas são muito fortes, e os alunos utilizam livros didáticos na preparação dos estágios que contêm erros grosseiros e reforçam essas concepções. Esse fato é extremamente preocupante, pois os professores das séries iniciais, responsáveis pelo primeiro contato dos alunos com a Física, devem ter a capacidade de fazer uma análise crítica dos conteúdos propostos nos livros didáticos e de detectar os erros ali contidos. Isso exige atualização e formação continuada. Por exemplo, a aluna A16, ao ser entrevistada, disse que tinha grande preocupação em como ensinar o conteúdo aos seus alunos já que tinha muitas dúvidas. Entretanto, após o curso sentia-se um pouco mais segura e gostaria de continuar participando de cursos de formação.

Alguns alunos colocaram que o professor não deveria dizer que o curso era sobre Física, pois só o fato de citar o nome da disciplina já gera aversão, já que a maioria nunca a tinha entendido quando fora estudada no Ensino Médio. Da mesma forma, colocaram que a sua opinião mudou completamente e, agora, acham-se capazes de introduzi-la aos seus alunos.

Dentro de cada encontro, procurou-se desenvolver as aulas de acordo com a abordagem metodológica dos momentos pedagógicos. Na problematização inicial, buscou-se estabelecer o diálogo, através de questões ou problemas a respeito do tema estudado, a fim de “saber o que o aluno sabe” (respeitando o conhecimento do aluno, investigando sua realidade), o que ajudou a identificar as concepções alternativas.

A organização do conhecimento foi a etapa onde procurou-se sistematizar o conhecimento aceito cientificamente, buscando a ruptura com o conhecimento primeiro, muitas vezes ingênuo, permitindo a apropriação do saber científico.

Por fim, na aplicação do conhecimento, foi possível constatar que os alunos perceberam a utilidade de construí-lo. Nesse momento, também ocorreu sua aplicação a novas situações que eram explicadas pelo mesmo conhecimento.

No primeiro encontro houve a exposição dos conteúdos de maneira teórica com projeções multimídia e apresentação de vídeos, o que foi produtivo do ponto de vista conceitual, pois foi possível identificar que os alunos possuíam vários conhecimentos prévios sobre energia, mas muitos deles não eram cientificamente aceitos. Como citam-se exemplos: o Calor era considerado um fluido e os alunos não faziam distinção entre energia e fontes de energia. Também não conseguiam identificar os erros sobre os mesmos assuntos presentes nos livros didáticos. Nessa atividade, em particular, a interação entre os alunos foi pouca, eles se mostraram tímidos e só participavam após muita insistência.

O segundo encontro propiciou a realização de várias atividades onde os alunos tinham que se movimentar pela sala o que favoreceu a descontração e a integração. Um aspecto discutido foi a construção do termômetro caseiro. A aluna A25 faz o seguinte comentário: “A oportunidade de construir um termômetro caseiro durante o curso foi muito importante, pois vou construir o meu termômetro para utilizar nas aulas de Ciências”. O fato negativo é que tínhamos disponibilizado material para construir os termômetros para cada grupo de três alunos e alguns ficaram frustrados por não poderem levar o termômetro para casa.

A construção dos anéis para mostrar a dilatação superficial e a construção das lâminas bimetálicas foram realizadas de forma participativa e descontraída. Tornando-se possível perceber a habilidade que a maioria dos alunos possuía para manusear as ferramentas. Observou-se a satisfação dos alunos por poderem ficar com os materiais construídos.

No terceiro encontro, quando se retomaram os conceitos de calor e energia, percebeu-se a evolução conceitual e como eles se policiavam para não utilizar as concepções alternativas. Nesse momento, identificou-se a grande dificuldade que os alunos possuem para entender que uma substância pode receber ou ceder energia na forma de calor sem alterar sua temperatura. Para demonstrar esse fato, executou-se um experimento utilizando uma mistura de gelo e sal de cozinha. Esse experimento chamou muito a atenção dos alunos em particular



da aluna A12, que estava realizando estágio na quarta série do Ensino Fundamental e desenvolveu o experimento com seus alunos, fazendo “sacolé<sup>11</sup>”.

Foi possível perceber a satisfação e o envolvimento com que os alunos construíram os experimentos para demonstrar as transmissões de calor.

Uma das demonstrações que mais chamou a atenção foi o funcionamento do aquecedor solar, como pode-se observar no comentário da aluna A9 que diz: “... nunca imaginei que eu pudesse ter a mesma substância, no mesmo recipiente com temperaturas diferentes”.

O documentário exibido permitiu fazer discussões sobre o aquecimento global e foi possível perceber que vários alunos achavam que efeito estufa e o buraco na camada de ozônio eram a mesma coisa. O documentário também permitiu reforçar os conceitos relativos à transmissão de calor, principalmente a irradiação e a convecção. Quando desenvolveu-se a demonstração do efeito estufa utilizando a casa de vidro, foi possível observar a surpresa dos alunos com a elevação da temperatura no interior da casa, em relação ao meio.

No quarto encontro, a repetição do experimento com gelo e sal para mostrar que, durante a solidificação, a temperatura permanece constante foi extremamente importante, pois permitiu esclarecer dúvidas sobre a quantidade de calor latente. A demonstração do fenômeno do regelo foi a mais empolgante de todo o projeto, pois, como foi possível perceber pelo depoimento de vários alunos, eles não entendiam como o fio poderia atravessar o gelo e este permanecer inteiro. Na terceira aplicação, a demonstração foi repetida três vezes.

Outro fato que chamou muito a atenção dos alunos foi a demonstração da influência da pressão na temperatura de ebulição usando uma bomba de encher bola. Também houve muita discussão quando tratou-se da Física aplicada na ação de cozinhar, como pode ser observado na afirmação do aluno A2: “como eu ia imaginar que, para explicar o porquê do milho de pipoca estourar, eu devia saber Física”.

No final da terceira aplicação, realizou-se, novamente, o teste de Concepções Alternativas de Calor e Temperatura. O teste foi realizado em duplas. Cada dupla discutia cada questão e chegava a um consenso sobre a resposta. Na Tabela 2, compara-se o número de acertos com a média em cada grupo de questões.

---

<sup>11</sup> Picolé em saquinho de plástico.



**Tabela 2 – A tabela mostra o número de acertos em cada questão e a média em cada grupo de questões do teste de concepções alternativas associadas aos conceitos-chave calor, temperatura e energia interna na terceira aplicação.**

Teste	Questão	3º Aplicação (14 alunos)	Média individual	Nova aplicação	Média das duplas
Calor	1	2	23%	14	77%
	2	6		14	
	3	7		14	
	4	1		14	
	9	2		6	
	13	1		14	
	14	0		6	
	15	2		8	
	16	4		8	
22	7	10			
Temperatura	5	8	48%	14	83%
	7	4		10	
	8	8		8	
	11	12		12	
	12	3		14	
23	5	12			
Energia Interna	6	1	20%	10	63%
	10	6		12	
	17	0		4	
	18	8		8	
	19	3		14	
	20	2		10	
21	0	4			

Após a reaplicação do teste de Concepções Alternativas de Calor e Temperatura observou-se que houve crescimento no número de acertos obtidos em todos os grupos de questões (Tabela 2). Acredita-se que um dos fatores que influenciaram esse crescimento foi a oportunidade de os alunos resolverem o teste em duplas, discutindo entre si cada uma das questões. O número de acertos individual e da respectiva dupla está representado na Tabela 3. Cabe salientar que nosso objetivo, ao aplicar os testes, não era avaliar a ocorrência de uma diferença estatisticamente significativa na pontuação dos alunos, mas sim obter de modo geral um indicativo de que as atividades trabalhadas serviram como um ponto de partida para uma aprendizagem significativa dos conteúdos desenvolvidos.

**Tabela 3 – A tabela mostra o número de acertos de cada aluno da terceira aplicação de nossa proposta no teste inicial e também os acertos no teste final das duplas formadas pelos alunos no teste final.**

Teste	Alunos	Calor Q(1, 2, 3, 4, 9, 13, 14, 15, 16 e 22)	Temperatura Q(5, 7, 8, 11, 12 e 23)	Energia interna Q(6, 10, 17, 18, 19, 20 e 21)
Inicial	A25	2	3	3
	A34	3	2	0
Final	A25/ A34	7	5	7
Inicial	A26	5	5	1
	A36	1	1	0
Final	A26/ A36	8	4	2
Inicial	A27	3	1	0
	A28	3	3	2
Final	A27/ A28	7	4	5
Inicial	A29	2	1	2
	A37	1	2	0
Final	A29/ A37	7	6	4
Inicial	A30	1	2	2
	A32	1	3	2
Final	A30/ A32	9	6	5
Inicial	A31	5	3	2
	A33	2	4	1
Final	A31/ A33	8	4	5
Inicial	A35	2	2	3
	A38	1	3	2
Final	A35/ A38	8	5	3

## 6- Conclusão

Ao longo da minha trajetória profissional, observei que os alunos do Ensino Médio têm grande dificuldade de entender alguns conceitos físicos, os quais poderiam ter sido introduzidos nas primeiras séries do Ensino Fundamental. Entretanto, também observei que os professores das séries iniciais raramente abordavam assuntos relacionados à Física em suas aulas.

Isso ocorre, em parte, porque grande parcela dos professores das séries iniciais e dos alunos do curso Normal, futuros professores do Ensino Fundamental, acreditam não possuir a formação adequada e/ou suficiente para promover o primeiro contato desses alunos com o ensino de Ciências, em particular com o ensino de Física. Mesmo assim, tais profissionais demonstram grande interesse em modificar essa condição e se propõem a participar de cursos de formação e de atualização.

A partir dessa observação, elaborou-se este trabalho, com o objetivo principal de introduzir Física nas séries iniciais, visando a reparar a falha deixada pelos cursos de formação de professores das séries iniciais do Ensino Fundamental. Dessa forma, o intuito é mostrar que essa disciplina pode ser tratada de maneira interessante, contextualizada e acessível a todos os estudantes.

Para tal, é preciso considerar que a criança constrói o seu entendimento do mundo aos poucos; quando ingressa na escola, em geral, ela ainda está muito centrada no seu próprio mundo. Para que perceba o mundo à sua volta e aprenda conceitos básicos de tempo, matéria, espaço, energia e calor, é preciso que tais ideias sejam trabalhadas a partir do seu cotidiano, atitude que favoreça e desenvolva as habilidades de observar e de classificar o que vê. Sem esses conceitos e habilidades, mas terão dificuldades em compreender os conceitos Físicos mais tarde, em outros níveis escolares.

Ancorado nisso, trabalhou-se com conceitos físicos que pudessem, de maneira simples, ser reproduzidos nas aulas de Ciências das séries iniciais. Dessa forma, com vista a construir progressivamente os conhecimentos, as crianças deverão ter oportunidades de tocar, examinar e brincar com os objetos, para saberem como funcionam. Acredito que, em aulas de Ciência no Ensino Fundamental, o professor tenha o papel fundamental de oportunizar aos alunos a formação de subsunçores adequados a uma aprendizagem significativa dos conceitos científicos que continuarão a ser abordados ao longo de seu processo de instrução.

Ao se estimular a curiosidade e a criatividade, estimula-se também a investigação e a aprendizagem progressiva. E, para que haja uma aprendizagem significativa, essa deve estar ancorada na percepção, na associação e nos conhecimentos anteriores das crianças. Por isso, quando o professor aceita as ideias dos aprendizes e os desafia com ideias novas, desperta-os para uma forma de pensar que tem um significado muito além dos fatos da Ciência. Daí a ideia de que a alfabetização científica pode e deve ser desenvolvida desde o início do processo de escolarização, mesmo antes de a criança saber ler e escrever. Mais que isso, o ensino de Ciências pode-se constituir em um grande aliado para o desenvolvimento da leitura e da escrita, uma vez que contribui com a tarefa de atribuir sentidos e significados às palavras.

A maior parte dos alunos, ao avaliar o curso, colocou que, devido à grande curiosidade que a criança demonstra, seria importante ensinar o significado científico de palavras como, por exemplo, “calor” e “temperatura”, desde as séries iniciais. Isso mostra a grande necessidade de cursos de atualização e de formação que tratem de maneira especial os conteúdos específicos, uma vez que garantiriam a atualização dos conhecimentos dos professores na área de Física para as séries iniciais do Ensino Fundamental, tanto quanto a inclusão do processo histórico dos conhecimentos em pauta.

Ao final do curso, foi possível perceber um avanço do ponto de vista qualitativo da Física Térmica, principalmente nos conceitos de temperatura e calor. Ainda assim, apesar do avanço percebido, é importante salientar que os estudantes apresentam grandes lacunas na sua formação, principalmente na área de Ciências. Entretanto, considero fundamental que continuem buscando superar essas dificuldades para que, acima de tudo, percebam que é possível ensinar Física nas séries iniciais do Ensino Fundamental de maneira agradável e ancorada em experimentos simples. Dessa forma, acredito que este trabalho tenha conseguido insuflar uma nova percepção sobre as atividades experimentais, como pode ser observado no depoimento da aluna A32: “Quando aprendi Física no Curso Normal, foi de modo teórico. Não fazíamos experiências, sendo assim, não tinha ideia de como é agradável ensinar Física e o quanto ela é interessante e surpreendente”. Mesmo assim, é preciso estar alerta para o fato de que não é suficiente oferecer ao professor uma proposta inovadora e pronta, pois, por mais eficaz que isso possa parecer, é indispensável a análise crítica para averiguar se é possível incorporá-la à sua prática pedagógica diária. Só assim, as propostas ganham significado.

Foram nitidamente perceptíveis as limitações que os alunos tinham a respeito dos conceitos científicos envolvidos nas atividades, o que destaca a importância e a necessidade da existência de cursos que ofereçam oportunidades de conhecimento teórico acerca de conceitos científicos. Tal fato não impediu que, na avaliação do curso, os alunos expusessem

sua visão a respeito do professor, o qual desempenhou o papel de facilitador da aprendizagem. Também, a avaliação feita pelos estudantes apontou que seria importante não apenas prolongar a duração do curso, mas também expandi-lo, abordando outros temas.

Tais pareceres mostram que este trabalho, cujo público-alvo são os alunos do Curso Normal, pode ser estendido a professores que já atuam nas séries iniciais do Ensino Fundamental e para professores de Didática da Ciência do Curso Normal.

Diante disso, tornam-se promissoras as possibilidades de oferecer o curso à distância e de incluir outros assuntos, tais como Astronomia e Eletromagnetismo, uma vez que a proposta é a de atingir o maior número possível de professores. Embora não se tenha a pretensão de preencher todas as lacunas existentes na formação dos professores das séries iniciais, é profissionalmente muito gratificante contribuir para a melhoria do ensino, pois são de pequenas iniciativas que desencadeiam grandes ganhos coletivos.

## 7- Referências

- AUSUBEL, D., NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- CARVALHO, A. M. P. "*Quem sabe faz, quem não sabe ensina*": *Bacharelado X Licenciatura*. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 14., 1991, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANPED, 1991. p 52 - 54.
- CARVALHO, A. M. P. et al. **Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.
- CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. *Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo*. 2008. Disponível em: [www.If.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID199/v13\\_a2008.pdf](http://www.If.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_a2008.pdf) acessado dia 30-12-2008.
- DAMÁSIO, F. *Programa para Qualificação de Professores para O Ensino de Física em Séries Iniciais*. 2007.240f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.
- DELIZOICOV, D. ; ANGOTTI, J.A. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2007.
- DELIZOICOV, D. ; ANGOTTI, J.A. *Metodologia do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1990.
- DELIZOICOV, D. ; ANGOTTI, J.A. *Física*. São Paulo: Cortez, 1992.
- GONÇALVES, Leila J. *Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no Ensino Médio*. 2005. 97f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.
- GONZÁLES Garcia, F. M. *Los mapas conceptuales de J. D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales*. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.10, n.2, p. 148-158, jun. 1992.
- GRALA, Rita M. *Favorecendo a aquisição de conceitos em crianças de 6 anos com a introdução precoce das situações e problemas da Física*. 2006.129f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.
- IVANISSEVICH, A. Saber fragmentado: um retrato do conhecimento científico de nossos jovens. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 34, n. 200, p. 26-33, dez. 2003.
- LONGHINI, M. D. *O conhecimento do conteúdo científico e a formação do professor das séries iniciais do Ensino Fundamental*. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID184/v13\\_n2\\_a2008.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID184/v13_n2_a2008.pdf) Acessado dia 30-12-2008.
- MACHADO, M. A. *Desenvolvimento e implementação de unidades didáticas na formação de professores das séries iniciais*. 2005.181f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.

BRASIL. Ministério da educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: Introdução. Brasília, 2001. v.1

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: Ciências Naturais. Brasília, 2001. v.4

MONTEIRO, M.A.A., TEIXEIRA, O.P.B. *Proposta e avaliação de atividades de Conhecimento Físico nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental. Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.21, n. 1,p. 65-82, abr. 2004.

Mortimer, E. F. e Scott, P. *Atividades discursivas nas salas de aulas de ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planejar o ensino*. 2003. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm> Acessado dia 22-12-2007.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F.S. *Aprendizagem significativa*: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_ . São Paulo: EPU, 2003.

MOREIRA, M.A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora UNB, 2006.

MOREIRA, M.A, GRINGS, E. T. ; CABALERO, C. *Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos de termodinâmica. Revista Brasileira de Ensino de Física*, V.28, n.4, p. 463-471, 2006.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A.; SILVEIRA F.L. *A Física na Formação de Professores do Ensino Fundamental. Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.14, n.2, p.106-112, 1992.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. *A Física na Formação de Professores do Ensino Fundamental*. Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRGS,1990.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. O ensino de física na formação de professores de 1ª a 4ª séries do 1º grau: entrevistas com docentes. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.7, n.3,p. 171-182, dez. 1990.

PIETROCOLA, M. *Ensino de Física. Ciências & Cognição*, Florianópolis, V.10, p.93-103, 2007.

REGO, Teresa Cristina. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Petrópolis: Vozes, 1996.

ROSA, Cleci, BECKER, Álvaro. *Atividades experimentais nas séries iniciais: relato de uma investigação. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.2, p.263-274. 2007. Disponível em: [http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART3\\_Vol6\\_N2.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART3_Vol6_N2.pdf). 22.12.2007.

SCHROEDER, Carlos. *Um currículo de Física para as primeiras séries do Ensino Fundamental*. 2004. 162f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.

SIAS, Denise. B. *Aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na Física Térmica do Ensino Médio*. 2006. 190f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.

SILVEIRA, F.L. ; MOREIRA, M. A. Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n.14, n.1, p.75–86. 1996.

VYGOTSKY, L.S. *Obras Escogidas: problemas de psicología geral*. Madrid: Rogar Fuenlabrada, 1982. 387 p.

VYGOTSKY, L.S. *A formação social da mente*. 2.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1988. 168 p.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

WILLIAMS, R. A.; ROCKWELL, R. E.; SHERWOOD, E. A. *Ciências para Crianças*. Lisboa: Ed. Instituto Piaget, 2003.

ZANON, D.; FREITAS, D. A aula de Ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, V.10, p.93-103. 2007. Disponível: <http://www.cienciasecognicao.org>. Acessado dia 22-12-2007.

ZIMMERMANN, E.; EVANGELISTA, P.C.Q. *Motivando Pedagogos a Ensinar Física nas Séries iniciais do ensino Fundamental*. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/atas/posteres/po21-15.pdf>. Acessado dia 22-12-2007.



## Apêndice 1 – Texto de Apoio ao professor de Física

### SUMÁRIO

<b>I – ENERGIA</b> .....	59
<b>II – A TEMPERATURA E SEUS EFEITOS</b> .....	64
1. Temperatura .....	64
2. Aplicação Tecnológica: Termografia .....	65
3. Calor e equilíbrio térmico .....	66
4. Experiência Simples – Sensação de quente ou frio .....	67
5. Propriedades termométricas e substâncias termométricas .....	68
6. Termoscópios e termômetros .....	69
7. A medida da temperatura corporal .....	70
8. Pontos fixos .....	71
9. Escalas Termométricas .....	72
10. Escala Celsius .....	72
11. Escala Fahrenheit .....	73
12. Escala Absoluta Kelvin .....	73
13. Conversão de leituras de uma escala para outra .....	74
14. Experiências Simples – Termômetro caseiro .....	75
<b>III – DILATAÇÃO TÉRMICA</b> .....	77
1. Dilatação dos sólidos .....	77
2. Dilatação Linear .....	82
3. Dilatação Superficial e Volumétrica .....	82
4. Tensão Térmica .....	82
5. Dilatação dos líquidos .....	84
6. Dilatação anômala da água .....	84
7. Experiência Simples .....	85
1º) Dilatação de um aro .....	85
2º) Lâmina bimetálica .....	86
<b>IV – ENERGIA EM MOVIMENTO</b> .....	87
1. Calor e energia interna .....	87
2. Unidade de calor .....	89
3. Capacidade térmica e Calor Específico .....	90
4. Calor Latente .....	91
<b>V – PROCESSO DE PROPAGAÇÃO DO CALOR</b> .....	93
1. Aplicação Tecnológica: Trocadores de Calor .....	93
2. Condução térmica .....	94
3. Comentários Importantes .....	95
4. Experiências Simples .....	97
5. Convecção térmica .....	98
6. Comentários Importantes .....	100

7. Irradiação térmica .....	102
8. Comentários .....	103
<b>VI – MUDANÇA DE FASE</b> .....	107
1. Fases da matéria .....	107
2. Solidificação e Fusão de uma substância pura e cristalina .....	108
3. Vaporização .....	111
4. Leis da calefação .....	119
5. Sublimação .....	119
<b>VII – PARA SABER MAIS</b> .....	120
1. Interações entre moléculas	
1.1) De que é feita a matéria .....	120
1.2) Fases da matéria .....	121
1.3) O que é um cristal .....	122
1.4) Aspectos Macroscópicos e Microscópicos .....	124
2. Equilíbrio meta-estáveis	
2.1) Superfusão ou sobrefusão .....	125
2.2) Superaquecimento .....	126
<b>VIII – BIBLIOGRAFIA</b> .....	128

## FÍSICA TÉRMICA

### Apresentação

O presente texto de apoio tem como finalidade facilitar a aprendizagem significativa dos conceitos mais importantes de Física Térmica para alunos do Curso Normal, tendo em vista que muitos deles, no exercício do magistério, costumam ignorar a Física, preocupando-se apenas com alguns conceitos relacionados à Química e principalmente à Biologia. Em uma sociedade na qual o conhecimento científico associado à Física, manifesto em sua crescente intervenção da tecnologia no dia-a-dia, desempenha um papel fundamental no próprio desenvolvimento sócioeconômico e cultural, não é possível pensar na formação de um cidadão crítico à margem desses saberes.

A sociedade atual tem exigido uma quantidade de informações muito maior do que em qualquer época do passado, seja para realizar tarefas simples do cotidiano, seja para ingressar no mercado de trabalho ou ainda para interpretar e avaliar informações científicas veiculadas pela mídia.

Nesse contexto, o estudo da Física é primordial para os futuros professores das séries iniciais do Ensino Fundamental, pois nessa etapa os alunos terão pela primeira vez o contato com situações de ensino de concepções e conceitos científicos que serão fundamentais nos processos de aprendizagem n Ciências subsequentes.

Com esta ideia em mente, elaboramos este texto com o objetivo de auxiliar aos docentes em formação de Cursos Normais no estudo mais amplo dos fenômenos térmicos, incluindo o conceito de energia, energia interna, calor, temperatura e suas aplicações e implicações, procurando vincular os conceitos físicos com questões relacionadas à vida cotidiana, tais como o funcionamento do refrigerador, ar-condicionado, termógrafo, aquecedor solar e garrafa térmica, entre outros.

Apesar do texto ter sido construído visando aos alunos do Curso Normal, acreditamos que ele também possa ser útil para os alunos do Ensino Médio e professores que tenham interesse em Física Térmica.

## I - Energia

A origem do termo **energia** é a palavra grega “*érgon*”, que significava trabalho. Assim, “*en + érgon*” queria dizer, na Grécia Antiga, "em trabalho", "em atividade", "em ação”.

Energia é um termo muito usado nos meios de comunicação e tem um significado especial para a ciência e a tecnologia. É comum ouvirmos, no dia-a-dia, frases do tipo: “as crianças têm muita energia”, “a energia dos cristais”, “aquela pessoa tem uma energia negativa”, “algumas plantas trazem energia positiva para a casa”. Na ciência, o termo energia tem um significado especial que, na maioria das vezes, não coincide com o uso cotidiano.

A energia é uma grandeza particularmente importante, porque está relacionada com os mais diversos fenômenos. Na verdade todos os fenômenos que ocorrem na natureza envolvem transformações de energia. Enquanto caminhamos ou lemos um livro, estamos transformando energia. Para o nosso organismo manter as funções vitais, como por exemplo pulsar o coração, respirar ou manter a temperatura corporal constante, estamos também transformando energia.

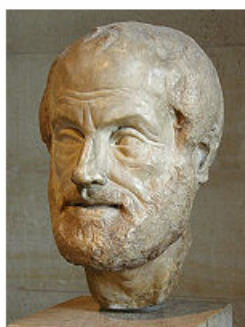
Até o momento o termo “energia” foi usado várias vezes, sem, no entanto defini-lo. Mesmo sendo um dos conceitos mais importante da Física, ele é abstrato, o que o torna de difícil definição pois abrange fenômenos extremamente diferentes entre si. A energia afeta tudo que existe na natureza e as leis que governam seu comportamento estão entre as mais importantes e abrangentes da ciência. Podemos pensar em energia como algo que se transforma continuamente e que pode ser usado para realizar trabalho. Segundo Moreira (1998):

“Se tivéssemos que citar um único conceito físico como o mais importante para a Física, e para toda a Ciência de um modo geral, este seria o conceito de energia. De maneira análoga, se tivéssemos que citar qual o mais útil princípio físico para toda a Ciência a escolha, certamente, recairia sobre o princípio da conservação da energia. Aliás, não é difícil perceber que estas escolhas estão relacionadas”. (Moreira, p.2, 1998).

Estamos acostumados a ouvir falar em “energia elétrica”, “energia elástica”, “energia eólica”, “energia química”, “energia nuclear”, mas na realidade todas essas formas estão incluídas nas três formas fundamentais de energia: a **cinética**, devido ao movimento; a

**potencial**, devido ao efeito das forças de interações; e a energia devido à massa, dada pela equação de Einstein,  $E = mc^2$  (Moreira, 1988, p.2).

Existe um princípio que se aplica a qualquer processo físico até hoje conhecido, e para o qual não se conhece exceções: *o princípio da conservação da energia*. A energia, em qualquer processo físico, apenas pode ser transformada e a sua quantidade total sempre permanece constante. E precisamente nisso reside sua importância, ou seja, em um sistema físico isolado existem várias formas de energia, podendo umas se transformarem nas outras, porém no geral a energia não pode ser criada nem destruída.



Busto de Aristóteles

O calor é uma das formas de transferência de energia mais utilizadas, por exemplo, para o funcionamento de máquinas térmicas, fornos siderúrgicos, geração de energia elétrica, termoterapia<sup>12</sup>. Existem registros da tentativa de explicar o calor que datam aproximadamente de 600 anos antes de Cristo, mas reduziam-se a meras especulações. Os filósofos do século (VII a.C.) Anaximandro, Heráclito e Empédocles, e até mesmo Platão e Aristóteles, possuíam noções muito limitadas sobre a natureza do calor. Platão aceitava o calor como algo que estava associado aos corpúsculos do elemento fogo. Aristóteles acreditava que o frio e o quente eram duas das quatro qualidades primárias da matéria, além do seco e do úmido.



Francis Bacon

No século XIII, foi desenvolvida uma teoria por Roger Bacon (1214-1294) segundo a qual a causa do calor era o movimento interno das partículas do corpo, porém não sabemos se é o calor que produz movimento ou se o movimento é que produz o calor. Galileu Galilei (1564-1642) considerava o calor como uma espécie de fluido capaz de penetrar e abandonar qualquer corpo com grande facilidade.

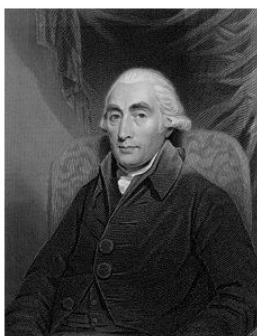
Francis Bacon (1561 - 1626) observou o fato de que fortes e frequentes marteladas produzem o aquecimento de um pedaço de ferro. Conhecia-se, igualmente, o método de obtenção do fogo pelo atrito. Ele concluiu que o calor é um movimento interno das pequeníssimas partículas que constituem a matéria, onde a temperatura do corpo depende da velocidade associada ao movimento dessas partículas.

Até meados do século XVII, pode-se observar a existência de duas hipóteses que procuravam explicar o calor: uma associada à ideia de fluido e outra que o considerava como movimento das partículas do corpo. Nessa época não existia a preocupação em se chegar a um

<sup>12</sup> Termoterapia é a variação de temperatura corporal, controlada através de equipamentos próprios ou manipulação, que resulta no aumento ou diminuição da temperatura dos tecidos corporais com fins terapêuticos ou estéticos.

consenso sobre a validade de cada uma delas e isso pode ser entendido pelo fato de não ser necessário tratar o calor quantitativamente.

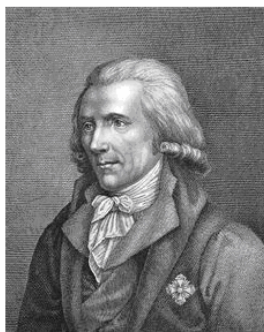
O aperfeiçoamento nos termômetros feitos por Fahrenheit (1686-1736) melhorou a precisão das medidas, o que permitiu que no final do século XVIII, Joseph Black (1728-1799), professor de química da Universidade de Glasgow, estabelecesse distinções entre os conceitos de temperatura e calor, a partir de estudos sobre a fusão do gelo. O aperfeiçoamento ocorrido na técnica de construção de termômetros também contribuiu para melhorar o entendimento de várias propriedades térmicas dos materiais.



Joseph Black

Até o final do século XIX, os fenômenos térmicos ainda eram explicados admitindo-se a existência de uma substância material chamada *calórico*<sup>13</sup>. Joseph Black observou que todos os materiais, a diferentes temperaturas, tinham a tendência de entrar em equilíbrio térmico quando postos em contato. Ele estudou as transformações nos materiais enquanto o calor “entrava” ou “saía” deles.

Em 1770, Black propôs que o calórico seria um fluido composto de partículas minúsculas que se repeliriam umas às outras, mas seriam atraídas pela matéria. A teoria do calórico permitia explicar um conjunto de fenômenos ligados ao calor. A contração e a expansão observadas com o resfriamento e o aquecimento, respectivamente, eram exemplos de observações ligadas ao calórico. A expansão e a contração eram resultados do acúmulo e da liberação de calórico. Já a geração de calor por atrito era explicada devido ao fato desse reduzir a atração entre o calórico e a matéria. A teoria era baseada em dois postulados: (1) o fluido material (calor) não podia ser criado ou destruído e (2) a quantidade de fluido material (calor) transferido de um objeto para outro era proporcional à sua massa e à variação de temperatura. O termo calórico foi proposto por Lavoisier, em 1817.



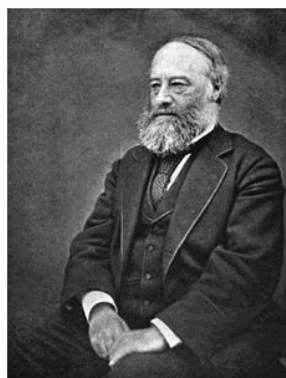
Benjamin Thompson

Os problemas da teoria do calórico tornaram-se críticos frente à argumentação formulada por Benjamin Thompson (1753-1814), Conde de Rumford. Thompson, ao inspecionar a fabricação de canhões de bronze, observou que os blocos desse metal tornavam-se incandescentes à medida que a broca os perfurava, e ainda, que o bronze continuava a esquentar mesmo que a broca estivesse sem fio. Ele sugeriu na época que o calor liberado na perfuração do cano dos canhões não estaria ligado ao calórico que era transferido da broca

<sup>13</sup> O valor calórico dos alimentos está relacionado com a energia química liberada pelos alimentos após a sua digestão.

para o bronze, mas ao trabalho efetuado pela broca sobre os canhões. Então como explicar o aquecimento que ocorria quando a broca não tinha mais fio? Convencido de que o calor era gerado pelo atrito, Rumford realizou a seguinte experiência. Mergulhou na água um canhão a ser perfurado, a fim de que o calor produzido pela broca fosse transferido para a água. Para fazer a perfuração, usou uma parelha de cavalos, atrelados ao eixo da broca, fazendo-a girar. Após aproximadamente duas horas e meia girando com a broca, o movimento dos cavalos havia fervido a água.

Convenceu-se assim que trabalho podia ser convertido em calor e vice-versa, e que a natureza do calor era de fato movimento. Ele argumentou que uma esponja não poderia liberar indefinidamente água se apertada e, ao contrário, a taxa de produção de calor poderia ser mantida indefinidamente enquanto que o trabalho de usinagem fosse realizado. A ideia de que o calor é energia foi introduzida por Rumford.



James Joule

Imagem: Wikipédia

James Joule, que entre 1840 e 1849 realizou medições bastante precisas sobre a equivalência mecânica do calor (isto é, calor e trabalho são apenas diferentes manifestações da mesma coisa, que é a energia) por diversos métodos e confirmou, experimentalmente, que calor é uma forma de energia. A lei de conservação da energia ganhou grande aceitação após a publicação em 1848 de um trabalho por H. Helmholtz, um cirurgião do exército prussiano, mostrando as aplicações da lei em diversos campos. As dificuldades crescentes enfrentadas pela teoria do calórico foram contornadas com a introdução do conceito de **energia interna**<sup>14</sup> e com o conceito de calor como a transferência de energia entre o sistema e a sua vizinhança.

Todas as substâncias são formadas por átomos e moléculas que possuem uma grande quantidade de energia armazenada. As moléculas estão em constante movimento independentemente do seu estado físico, ou seja, as moléculas possuem energia cinética. Devido às interações com as moléculas vizinhas elas também possuem energia potencial. Nas substâncias também existe energia devido a sua massa. A **energia interna** é a soma de todas as energias que existem no interior das substâncias. É importante salientar que não temos interesse em calcular a energia interna de um corpo ou sistema, mas sim, determinar a sua variação.

<sup>14</sup> Energia interna é sinônimo de energia térmica. Em vários momentos a seguir é usado o termo energia térmica, tendo em vista que é a nomenclatura mais usada nos livros de Ciências do Ensino Fundamental e nos livros de Física do Ensino Médio.

A temperatura é a medida da energia cinética média de translação dos átomos e moléculas. Quando aumenta essa energia cinética média aumenta a temperatura. Convém ressaltar que pode haver variação de energia interna sem que ocorra variação na temperatura, como por exemplo, nas mudanças de fase que serão analisadas posteriormente.

A introdução do conceito de energia interna soluciona o problema da conservação da energia mecânica (cinética e potencial) em sistemas dissipativos (nos quais existem forças de atrito atuando). Nesse processo, a energia mecânica diminui, mas a energia total conserva-se, pois existe transformação de energia mecânica em energia interna, ou seja, a diminuição da energia mecânica é igual ao aumento da energia interna. Exemplificando: quando um objeto é lançado verticalmente para cima, no vácuo, ele atinge certa altura; porém, se mantivermos as demais condições e o lançarmos no ar, o objeto irá atingir uma altura menor. Isso ocorre porque pelo atrito do objeto com o ar parte da energia mecânica transforma-se em energia interna (tanto do ar, quanto do objeto) podendo ser percebida pelo aumento da sua temperatura.

É possível variar a energia interna de um sistema fornecendo ou retirando energia. Quando a transferência de energia ocorre *exclusivamente* devido a uma diferença de temperatura entre o sistema e a vizinhança, a energia transferida recebe o nome de calor.



**Figura 1-** A energia na forma de calor flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.

É importante observar que um corpo ou sistema não contém calor, ele possui energia interna. Uma vez transferida, a energia não pode mais ser chamada de calor. Salientemos uma vez mais: calor é o processo de transferência de energia entre os corpos devido exclusivamente à diferença de temperatura entre eles.

A energia está presente em toda parte, seja na forma de energia cinética de um corpo em movimento, de energia potencial gravitacional de um corpo a certa altura do solo, de energia térmica sendo transferida entre dois corpos com temperaturas diferentes (calor) ou de energia química contida nos alimentos. A energia não é criada nem destruída, mas transformada de uma forma para outra.



## II - A temperatura e seus efeitos

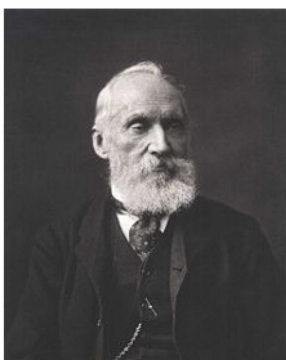
### 1- Temperatura

A temperatura é uma das grandezas físicas mais conhecidas e citadas atualmente. Todos os dias as pessoas leem em jornais, ouvem no rádio ou veem na televisão os boletins meteorológicos indicando as temperaturas máxima e mínima para a sua região. Ajustamos a temperatura do forno do fogão e do aparelho de ar condicionado e verificamos nossa temperatura corporal quando estamos nos sentindo febris. Como podemos ver, a temperatura pode ser percebida de várias maneiras, entretanto, ela nos traz a informação de quão quente ou frio está um determinado corpo em relação a um outro corpo de referência, ou ainda como o indicador do sentido da troca de energia na forma de calor entre o corpo e sua vizinhança.

São as sensações táteis de “quente” e de “frio” que nos transmitem a primeira noção de temperatura. Dizemos então que quanto mais quente é um corpo, maior é a sua temperatura.

É do nosso conhecimento que, ao tocarmos com a mão uma porta de madeira e a maçaneta de metal, ambas à mesma temperatura, temos sensações térmicas diferentes. A avaliação de uma temperatura por intermédio do tato merece pouca confiança. Vemos assim que, para avaliar a temperatura com certo rigor, temos que recorrer a outros efeitos.

Do ponto de vista microscópico, a temperatura está associada à energia cinética média de translação das partículas (átomos, moléculas ou íons). Análises microscópicas mostram que qualquer corpo, seja ele sólido, líquido ou gasoso, é composto por partículas em constante agitação. Para um mesmo estado físico, a agitação das partículas está relacionada com a temperatura. Assim, a temperatura está intimamente ligada à energia cinética média das partículas que compõem o corpo. Uma temperatura mais alta indica maior agitação das partículas e, portanto, maior energia cinética média.



Lord Kelvin

Imagem: Wikipédia

O físico irlandês William Thomson (Lorde Kelvin) chegou à conclusão de que havia uma temperatura mínima possível, que recebeu o nome de *zero absoluto* e seria atingida quando todas as partículas de um corpo estivessem imóveis. Sabemos hoje que quando um corpo é resfriado continuamente, os átomos não chegam a ficar completamente imóveis, ou seja, a energia cinética das moléculas do sistema tende a um valor mínimo e não nulo, mas atingem um estado no qual é impossível extrair mais energia do corpo; essa é a definição moderna de zero absoluto, corresponde à temperatura de zero kelvin equivalente à  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Provocação 1- *Quanto maior a temperatura de um corpo, mais calor ele possui?***

A resposta é não. A temperatura é uma grandeza física que está relacionada com a energia cinética média das moléculas do corpo, enquanto o calor é uma forma de energia em trânsito (movimento). Portanto, não tem sentido falar em calor de um corpo. No dia-a-dia, quando alguém diz que está com calor, na verdade ele se refere à sensação térmica. O nosso organismo, quando se encontra em um ambiente à temperatura menor que 36°C, está liberando continuamente energia na forma de calor. Se as condições atmosféricas do ambiente (umidade relativa do ar, temperatura, etc.) não favorecerem ao organismo ceder o excesso de energia para o ambiente, dizemos que estamos com “calor”.

**Provocação 2- *Pode-se dizer que a temperatura é a medida da quantidade de calor de um corpo?***

Devemos observar que o termo *calor* só pode ser usado para indicar a energia que passa de um corpo para outro (em trânsito) devido exclusivamente a uma diferença de temperatura. Não podemos, portanto, dizer que um corpo “possui calor” ou que “a temperatura é uma medida do calor de um corpo”. A absorção de calor por um corpo acarreta um aumento da sua energia interna, mas não obrigatoriamente na sua temperatura (por exemplo, durante uma mudança de fase, a temperatura permanece constante apesar de o corpo receber calor).

**2- Aplicação Tecnológica: Termografia**

A Termografia é um procedimento que permite mapear um corpo ou região para distinguir as diferentes temperaturas. Ela é uma ferramenta de diagnóstico e monitoração para a medicina e a engenharia.

A Termografia pode ser entendida como um método de detecção da distribuição da energia térmica emitida pela superfície de um corpo ou de uma região. Trata-se de uma modalidade com várias aplicações, começou por ser usada e desenvolvida para fins militares e de investigação espacial. Na década de 50 já era usada na medicina e na medicina veterinária como ferramenta de auxílio ao diagnóstico e monitoração da recuperação. Também é muito utilizada nas áreas da engenharia civil, automotiva, aeronáutica, mecânica e eletrotécnica.

Como exemplo de aplicações na medicina e na medicina veterinária podemos citar a determinação de problemas circulatórios, a localização de infecções, a análise de danos musculares e o estudo de problemas de locomoção. As infecções alteram a distribuição térmica tópica devido à variação na irrigação sanguínea do tecido, provocando uma variação de temperatura.

### 3- Calor e equilíbrio térmico

Quando dois corpos a temperaturas diferentes são colocados em contato, inicia-se um processo de transferência de energia do corpo mais quente (o que tem maior temperatura) para o corpo mais frio (o que tem menor temperatura). Esse processo ocorre naturalmente e a energia transferida é, como já citamos, chamada *calor*. Como resultado da transferência de energia, a temperatura do corpo mais quente pode diminuir e a do corpo mais frio pode aumentar. O processo de transferência de energia acaba quando os dois corpos atingem a mesma temperatura, ou seja, quando os dois corpos atingem o *equilíbrio térmico*.

Na situação inicial da Figura 2, o corpo A está a uma temperatura superior à do corpo B. Postos em contato e isolados do meio externo, os dois corpos acabam por atingir a mesma temperatura final.

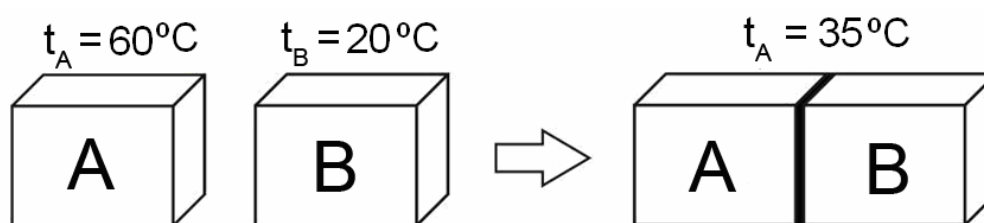


Figura 2 – A figura representa dois corpos, inicialmente com temperaturas diferentes. Quando o equilíbrio térmico é atingido, as temperaturas passam a ser iguais.

Quando colocamos uma lata de refrigerante no interior de um refrigerador (Figura 3), normalmente a lata está mais quente do que o interior do refrigerador. Então o refrigerante vai esfriando até atingir a temperatura do interior do refrigerador. A partir daí não existe mais condições para a transferência de energia na forma de calor.

Para medir a temperatura de um corpo colocamos um termômetro em contato com ele. Se as temperaturas do corpo e do termômetro forem diferentes, a temperatura indicada pelo termômetro varia até se fixar em um determinado valor. Nesse instante o termômetro está em equilíbrio térmico com o corpo e a temperatura indicada é a temperatura comum do corpo e do termômetro.

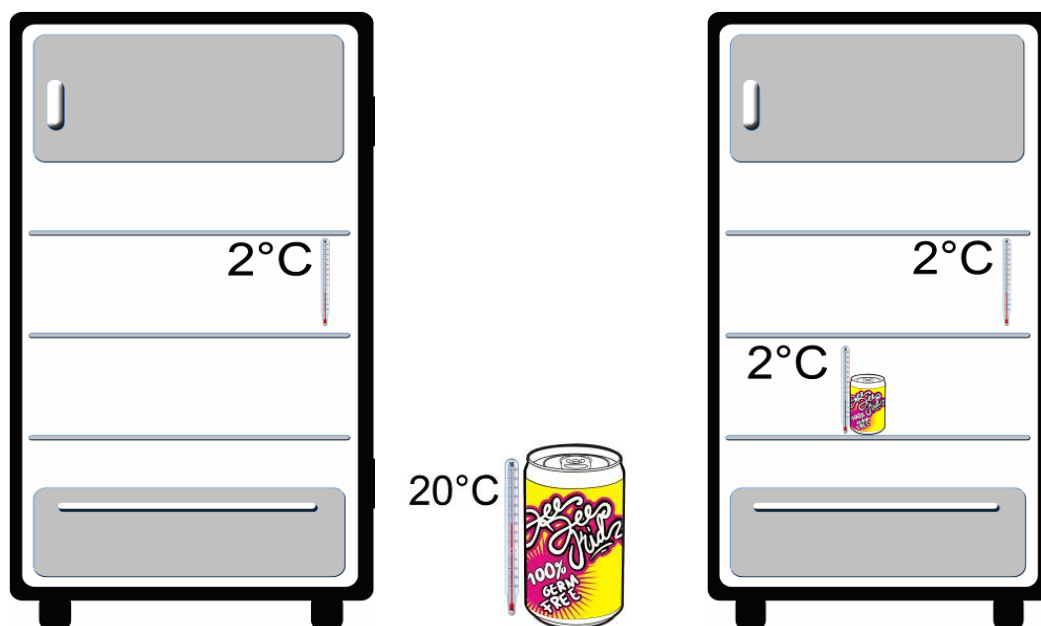


Figura 3 – A figura mostra que após certo tempo ocorre o equilíbrio térmico entre a lata e o refrigerador.

Quando uma panela com água é aquecida em um fogão a gás, a água aquece, mas a chama não esfria em resultado desse aquecimento. De fato a temperatura da chama mantém-se constante, pois fornece energia através da combustão de gás natural. Quando uma substância é aquecida, a temperatura geralmente aumenta, mas podem ocorrer situações em que a temperatura não varie. Nesse caso podemos estar diante de uma mudança de fase, como por exemplo, a fusão e a ebulição da água. Esse assunto será discutido posteriormente.

#### 4- Experiências Simples - Sensação de quente ou frio.

A noção de temperatura vem da sensação de quente ou frio. Analisando os problemas que esta definição pode trazer, é importante realizar as experiências sugeridas a seguir.

##### a – Material

- 3 copos de plástico
- 3 termômetros de laboratório
- 1 pedaço de alumínio furado
- 1 pedaço de madeira furada
- 1 pedaço de PVC furado
- água de torneira e água aquecida
- gelo

## b – Procedimento

### 1º - Sensação de frio

Pegue um pedaço de alumínio, um de madeira e um de PVC. Tente descobrir, através do tato, qual dos objetos é:

- mais frio
- médio
- mais quente

As temperaturas dos objetos são diferentes entre si? Por quê?

2º - Coloque um termômetro nos furos destes objetos, espere alguns minutos e leia a temperatura. As temperaturas são iguais ou diferentes?

3º - Agora monte a experiência da Figura 4.



**Figura 4**

Mergulhe um dedo da mão esquerda no copo (1) e um dedo da mão direita no copo (3). Agite os dois dedos que deverão estar mergulhados até o fundo dos copos. Conte até 30 e, em seguida, coloque os dois dedos simultaneamente no copo do meio (2) sem que cheguem totalmente ao fundo. O que sentiu nos dedos? Anote as temperaturas da água nos copos. Comente se podemos considerar o tato um bom medidor de temperatura.

## 5- Propriedades termométricas e substâncias termométricas

Em nossa vida cotidiana percebemos que certas propriedades de um corpo variam com a temperatura. Exemplos: o comprimento de uma barra, o volume de um fluido, a pressão de um gás mantido a volume constante, a resistência elétrica de um condutor, a cor de um corpo incandescente, etc.

Teve-se então a ideia de usar essas propriedades, chamadas *propriedades termométricas*, para avaliar a temperatura. A substância que constitui o corpo cuja propriedade é utilizada para avaliar a temperatura é denominada *substância termométrica*.

## 6- Termoscópios e termômetros

Os primeiros termômetros surgiram na idade média e eram chamados de termoscópios (Figura 5).

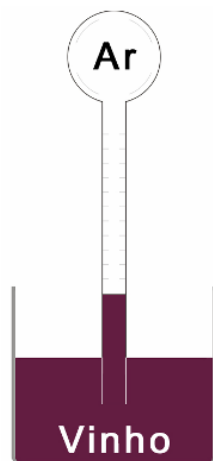


Figura 5 - Termoscópio de Florentino

A fama pela criação do primeiro desses instrumentos é atribuída ao físico italiano Galileu Galilei (1564-1642), que em 1592 idealizou um bulbo contendo um tubo longo com uma de suas extremidades mergulhada em água colorida (o vinho era muito utilizado). Um pouco do ar no tubo era expulso antes de colocar o líquido, o que fazia com que o líquido subisse no tubo. Quando a temperatura do ar contida no bulbo aumenta, a pressão do ar também aumenta e o nível do líquido desce. Quando a temperatura do ar diminui, a pressão do ar diminui e o nível do líquido sobe. Uma escala no tubo permitia que uma medida quantitativa dessas flutuações fosse feita.

*Termoscópio* é qualquer instrumento que permita verificar se a temperatura está ou não variando. A Figura 6 mostra um termoscópio de álcool. Aquecendo o tubo com a mão, o ar contido nele também se aquece, aumentando a pressão e forçando o álcool a subir no tubo capilar (tubo mais fino).

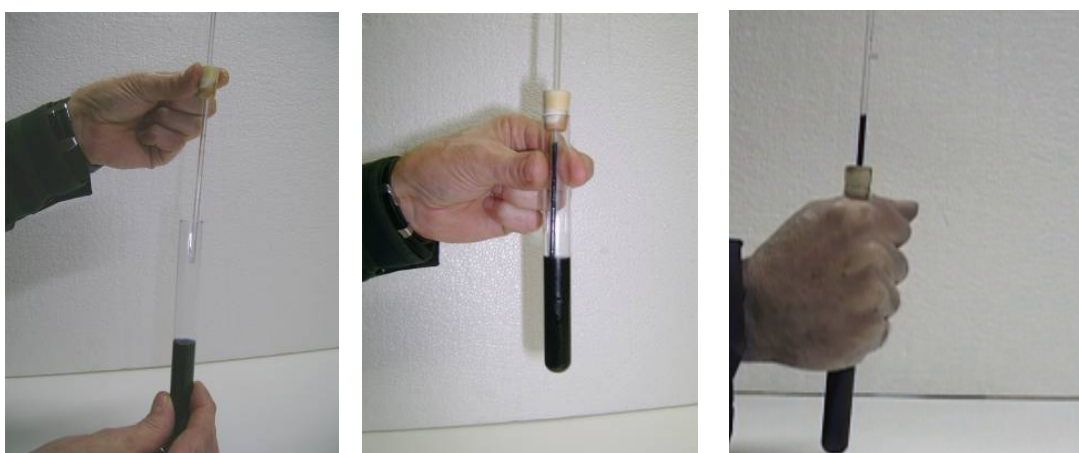


Figura 6 – A seqüência de imagens mostra a variação da temperatura de um termoscópio de álcool.

*Termômetro* (Figura 7) é um instrumento destinado a medir a temperatura. Não passa de um termoscópio graduado em uma escala adequada. Ele consiste basicamente de um tubo capilar de vidro, fechado a vácuo, e um bulbo.



**Figura 7 – Termômetro de álcool com capilar evacuado.**

Dependendo da propriedade termométrica, da substância termométrica e da escala escolhida podemos imaginar diversos tipos de termômetros. O tipo mais utilizado diariamente usa o mercúrio como substância termométrica e o comprimento da coluna de mercúrio como propriedade termométrica.

### **Provocação 3- Por que não se usa a água como substância termométrica?**

A água se mantém normalmente no estado líquido dentro de uma faixa de temperatura de 0 °C a 100 °C (pressão de 1 atm). Além disso, o comportamento da água entre 0 °C e 4 °C é anômalo (como veremos posteriormente): o comprimento da coluna diminui ao invés de aumentar. Mas outros líquidos podem ser usados, como álcool, benzeno, tolueno, etc.

## **7- A medida da temperatura corporal**

A avaliação da temperatura do corpo humano é muito importante, pois muitas doenças, como por exemplo os resfriados, podem produzir um aumento da temperatura corporal. A febre é a elevação da temperatura do corpo acima dos valores normais para o indivíduo. São aceitas como indicadores de febre as temperaturas acima de 37,5° C. Há também situações de anormalidade em que a temperatura diminui abaixo de 35 °C de modo não intencional, caracterizando uma hipotermia.

Os termômetros utilizados na medida da temperatura corporal são chamados termômetros clínicos (Figura 8). Atualmente, existem no mercado vários tipos desses termômetros, a maior parte digital. Entretanto, ainda é muito usado o termômetro clínico de mercúrio. Os termômetros clínicos de mercúrio apresentam junto ao bulbo, no início do tubo capilar, um estrangulamento que não impede a passagem do mercúrio quando a temperatura

sobe, porém, quando a temperatura baixa, o mercúrio não pode passar para o bulbo, ficando indicada a temperatura máxima atingida. Portanto, trata-se de um termômetro de máxima. Para ser usado novamente, o termômetro deve ser sacudido para que o mercúrio volte para o bulbo.

Quando colocamos a extremidade do termômetro clínico em contato com o corpo, o líquido no interior do tubo capilar desloca-se de acordo com a temperatura do corpo. É importante notar que, após colocar o termômetro sob o braço, precisamos esperar alguns minutos. Esse tempo é necessário para que se estabeleça o equilíbrio térmico entre o corpo e o termômetro. Assim, o termômetro vai indicar exatamente a temperatura do corpo. Para “ler” a temperatura, basta verificar onde a extremidade da coluna de mercúrio se encontra, utilizando a escala termométrica.

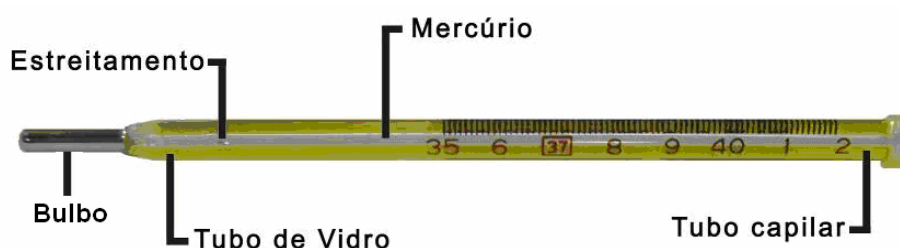


Figura 8 - Termômetro clínico.

## 8- Pontos fixos

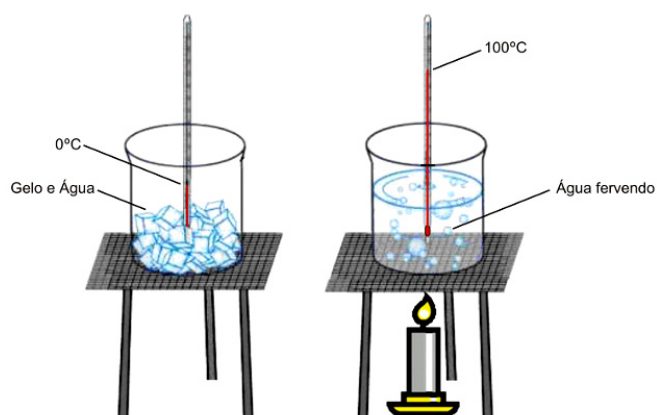
É possível mostrar que, sob certas condições, alguns fenômenos físicos sempre ocorrem à mesma temperatura, e que, durante o fenômeno, a temperatura permanece constante.

As temperaturas em que tais fenômenos acontecem são denominadas *pontos fixos*. Dois desses pontos fixos são particularmente importantes para o estudo da Termometria: o *ponto de fusão do gelo* e o *ponto de ebulição da água*.

Ponto de fusão do gelo, ou ponto de gelo, é a temperatura do gelo fundente (gelo e água em equilíbrio térmico) sob pressão normal.

Ponto de ebulição da água é a temperatura da água em ebulição sob pressão normal. A ebulição se caracteriza pela formação de bolhas de vapor no interior da massa líquida.





**Figura 9 – A figura mostra os pontos fixos da escala Celsius.**

Em 1724 Gabriel Fahrenheit (1686 - 1736) usou o mercúrio como líquido do termômetro. A expansão térmica do mercúrio é grande e uniforme. Ele não adere ao vidro e permanece líquido em um grande intervalo de temperaturas (de  $-39^{\circ}\text{C}$  até  $357^{\circ}\text{C}$ ). Sua aparência metálica facilita a leitura.

### **9- Escalas termométricas**

Para definir uma escala termométrica precisamos:

- 1° - escolher dois pontos fixos;
- 2° - atribuir valores numéricos a esses pontos;
- 3° - selecionar uma grandeza termométrica;
- 4° - estabelecer que entre a grandeza termométrica escolhida e a temperatura existe uma correspondência qualquer.

Por exemplo:

- 1° - escolhemos o ponto de gelo e o ponto de vapor como pontos fixos fundamentais;
- 2° - atribuímos o valor 0 (zero) ao ponto de gelo e o valor 100 (cem) ao ponto de vapor;
- 3° - escolhemos como grandeza termométrica o comprimento da coluna do mercúrio em um tubo fino de vidro;
- 4° - admitimos que a variação do comprimento da coluna de mercúrio é proporcional à variação de temperatura.

### **10- Escala Celsius**

Para se conseguir que termômetros diferentes marquem a mesma temperatura, nas mesmas condições, é necessário se estabelecer um padrão comum para eles, ou seja, uma escala termométrica. Na escala Celsius são escolhidas duas referências: uma é a temperatura de fusão do gelo e a outra é a da ebulição da água (na pressão de uma 1 atm).

Nessa escala, são atribuídos os valores 0 (zero) para o ponto de gelo e 100 (cem) para o ponto de vapor. Divide-se o intervalo entre os dois pontos fixos (denominado intervalo fundamental) em cem partes iguais. Cada uma dessas partes constitui a unidade da escala, denominada *grau Celsius* (símbolo °C). Portanto, o grau Celsius corresponde a um centésimo do intervalo fundamental.

### 11- Escala Fahrenheit

Outra escala, que ainda é usada em países de língua inglesa, é a escala Fahrenheit, em que o zero (0°F) foi escolhido para a temperatura de um certo dia muito frio na Islândia e o cem (100°F) para a temperatura média corporal de uma pessoa.

Os valores atribuídos, nessa escala, para o ponto de gelo e o ponto de vapor são, respectivamente, 32 (trinta e dois) e 212 (duzentos e doze). O intervalo fundamental é dividido em 180 (cento e oitenta) partes iguais, cada uma das quais constitui o *grau Fahrenheit* (símbolo: °F). Assim, o grau Fahrenheit corresponde a 1/180 do intervalo fundamental.

### 12- Escala Absoluta Kelvin

Teoricamente, não existe nenhum limite superior de temperatura, isto é, não há um estado térmico que possa ser considerado mais quente que todos os demais.

No entanto, é possível demonstrar que existe um limite inferior de temperatura, ou seja, um estado térmico onde as moléculas apresentam a menor agitação térmica possível. A esse estado térmico dá-se o nome de *zero absoluto*, conforme citado anteriormente. Embora seja inatingível na prática, foi possível chegar, através de considerações teóricas e experimentais, à conclusão de que o zero absoluto corresponde, nas escalas relativas usuais, a  $-273,15\text{ °C}$  (usaremos o valor aproximado de  $-273\text{ °C}$ ) e  $-459,67\text{ °F}$ .

Embora a criação das escalas absolutas envolva considerações mais complexas de Termodinâmica, nessa altura podemos definir escala absoluta como sendo qualquer escala termométrica que tenha origem no zero absoluto.

A cada escala relativa podemos fazer corresponder uma escala absoluta que possua a mesma unidade. À escala Fahrenheit corresponde a escala Rankine, cujo grau termométrico (°R) é igual ao grau Fahrenheit (°F). Não estudaremos por ser de pouca aplicação prática entre nós. A escala absoluta Kelvin, que tem origem no zero absoluto ( $-273\text{ °C}$ , aproximadamente) e unidade denominada kelvin (símbolo: K), é igual ao grau Celsius.

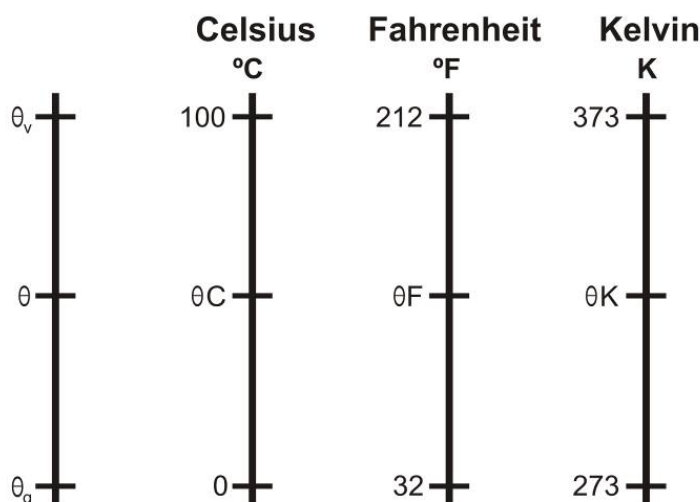
### 13- Conversão de leituras de uma escala para outra

Coloquemos, em um mesmo ambiente, três termômetros: um Celsius, um Fahrenheit e outro Kelvin. Suponhamos que, no equilíbrio térmico, o Celsius forneça a leitura  $\theta_C$ , o Fahrenheit a leitura  $\theta_F$  e o Kelvin a leitura  $\theta_K$ .

Estas diferentes leituras representam, em escalas diferentes, uma mesma temperatura: a temperatura  $\theta$  do ambiente. Analogamente  $0^\circ\text{C}$ ,  $32^\circ\text{F}$  e  $273\text{K}$  representam uma mesma temperatura: o ponto de gelo.

Da mesma forma:  $100^\circ\text{C}$ ,  $212^\circ\text{F}$  e  $373\text{K}$  representam uma mesma temperatura: o ponto de vapor.

As três escalas citadas estão, esquematicamente, representadas abaixo:



O intervalo de temperatura  $\theta - \theta_g$  pode ser medido por  $(\theta_C - 0)^\circ\text{C}$ ,  $(\theta_F - 32)^\circ\text{F}$  ou  $(\theta_K - 273)\text{K}$ . Isto é:

$$(\theta_C - 0)^\circ\text{C} = (\theta_F - 32)^\circ\text{F} = (\theta_K - 273)\text{K}.$$

Analogamente, para o intervalo de temperatura  $\theta_v - \theta_g$ , teremos:

$$(100 - 0)^\circ\text{C} = (212 - 32)^\circ\text{F} = (373 - 273)\text{K}.$$

Dividindo ordenadamente:

$$\frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_F - 32}{180} = \frac{\theta_K - 273}{100}$$

Simplificando:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{\theta_K - 273}{5}$$

Escolhendo as igualdades convenientes podemos facilmente converter leituras de uma escala para outra.

Dada a sua importância, veremos, particularmente, a igualdade que permite converter uma leitura da escala Celsius para a Kelvin, ou vice-versa.

Basta usar:

$$\frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5}$$

Portanto:

$$\theta C = \theta K - 273$$

$$\theta K = \theta C + 273$$

Vemos que basta somar 273 à leitura da escala Celsius para obter a leitura correspondente da escala Kelvin.

#### **14- Experiências Simples - Termômetro caseiro.**

O termômetro 'caseiro' que construiremos apresentará inconvenientes, no entanto, permitirá entender toda a técnica de construção de escalas termométricas, analisar as escolhas dos pontos fixos, fazer medidas aproximadas de temperatura e poderá ser usado durante um dia inteiro.

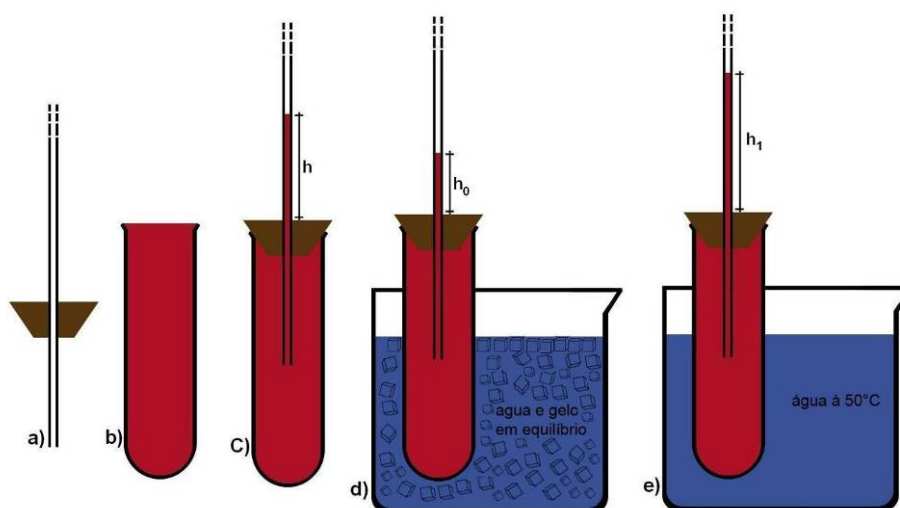
##### **a- Material:**

- 1 vidro de remédio ou um tubo de ensaio;
- 1 tubo de vidro ou tubo transparente rígido (caneta esferográfica);
- 1 régua;
- 1 rolha com furo central de diâmetro igual ao externo do tubo de vidro;
- 1 recipiente para colocar água;
- gelo picado;
- 1 termômetro (-10 a 110°C);
- 1 lamparina a álcool;
- álcool;
- corante (tinta).

##### **b- Procedimento**

1. Introduza o tubo de vidro fino através do furo, tomando o cuidado que fique bem vedado (Figura 10-a);
2. Coloque no tubo de ensaio (vidro de remédio) álcool com corante (Figura 10-b);

3. Feche o tubo de ensaio com a rolha furada, tomando cuidado que não fique ar entre o álcool e a rolha (Figura 10-c);
4. Recorte a cartolina (do mesmo tamanho que a régua) e cole na régua;
5. Fixe a régua revestida no tubo;
6. Coloque o tubo imerso na mistura de água com gelo picado (Figura 10-d). Espere aproximadamente dois minutos e marque na cartolina o ponto correspondente à altura da coluna de líquido;
7. Coloque o tubo imerso na água a 50°C (Figura 10-e). Espere aproximadamente dois minutos e marque na cartolina o ponto correspondente à altura da coluna de líquido;
8. Agora você tem dados suficientes para construir uma escala para o seu termômetro, pois conhece dois de seus pares:  $h_0 \implies 0^\circ\text{C}$  e  $h_1 \implies 50^\circ\text{C}$ . Meça a distância correspondente ao intervalo de  $0^\circ\text{C}$  a  $50^\circ\text{C}$  ( $h_1 - h_0$ ) e calcule por 'regra de três' a distância correspondente a  $1^\circ\text{C}$ . Com isso, você pode fazer marcas no tubo de 1 em  $1^\circ\text{C}$ , desde  $0^\circ\text{C}$  até  $50^\circ\text{C}$ .
9. Coloque o termômetro em contato com seu corpo. Ele deverá marcar aproximadamente  $37^\circ\text{C}$ .
10. Você poderia ter usado como ponto de referência para a calibração do termômetro a temperatura da água em ebulição ( $100^\circ\text{C}$  ao nível do mar)? Por quê? Não, pois o ponto de ebulição do álcool é menor que  $100^\circ\text{C}$ .



**Figura 10** – A figura mostra os passos iniciais para a montagem de um termômetro caseiro.

### III- Dilatação Térmica

#### 1 – Dilatação dos sólidos

Podemos observar, em várias situações cotidianas, os efeitos da dilatação e da contração que ocorrem devido às variações na temperatura. Deixam-se pequenos espaços entre os trilhos (Figura 11) das ferrovias e entre os blocos de concreto de uma ponte (Figura 12) para permitir a sua dilatação. Esses espaços ficam maiores em dias com temperaturas muito baixas. Quando se derrama água quente em uma vasilha de vidro grosso ela pode rachar, isso porque as camadas internas do vidro são aquecidas e dilatam-se, antes das camadas externas. Um copo de pequena espessura não racha tão facilmente porque o vidro se aquece rapidamente, sofrendo uma dilatação praticamente uniforme. Os cabos de aço da ponte “Golden Gate” (Figura 13) de São Francisco (EUA) ficam até 1,50 metros mais abaixo, no meio da ponte, no verão do que no inverno, devido à dilatação. Existem algumas situações em que é necessário o uso de materiais com a mesma taxa de dilatação. Como por exemplo, o engenheiro usa barras de ferro de reforço que possuem a mesma taxa de dilatação que o concreto e o dentista utiliza na restauração um material com a mesma taxa de dilatação que o esmalte dos dentes.



Figura 11 – Pequeno espaço deixado entre dois trilhos consecutivos, devido à dilatação térmica.

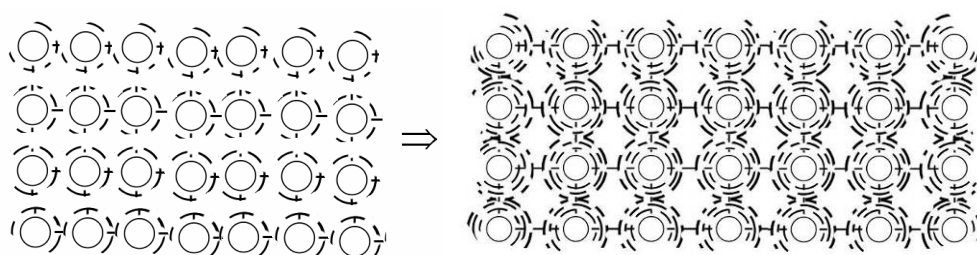


Figura 12 – Pequeno espaço deixado entre os blocos de concreto de uma ponte, devido à dilatação térmica.



**Figura 13 – A ponte “Golden Gate”. A distância entre as pilastras é de 1280 metros.**

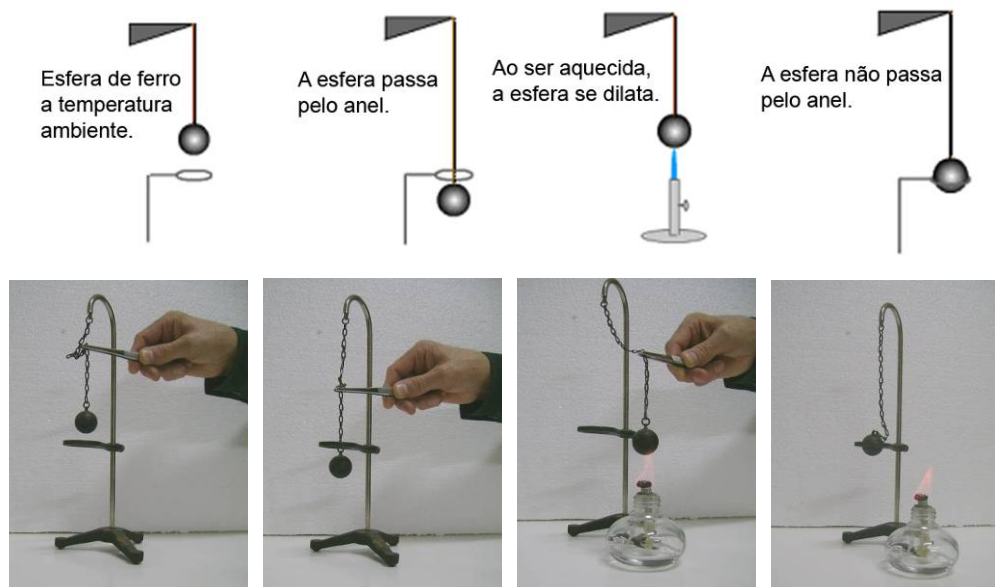
É possível observar a relação existente entre a temperatura e o movimento dos átomos através do fenômeno da dilatação térmica. Por exemplo: na estrutura de um sólido cristalino os átomos estão unidos por ligações químicas e vibram em torno de posições de equilíbrio. Quando um sólido aumenta sua temperatura, cada molécula vibra com maior intensidade, aumenta a amplitude de oscilação, o que resulta em um aumento da distância média entre os átomos (Figura 14). A maioria dos sólidos e líquidos aumentam de volume quando aquecidos e se contraem quando são resfriados.



**Figura 14 – A elevação da temperatura produz um aumento da energia de vibração das moléculas, acarretando um aumento na distância média entre os átomos de um sólido.**

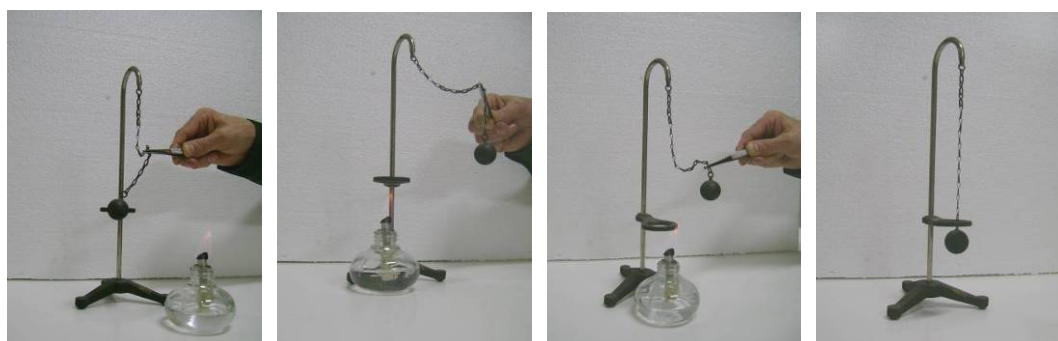
Suponha que uma esfera de ferro tenha dimensões tais que ela passe sem folga por um anel de ferro (Figura 15). Se aquecermos a esfera, ela se expandirá e não passará mais pelo anel.





**Figura 15 – A seqüência de imagens representa a uma esfera, que após ser aquecida, não passa mais pelo anel.**

Se aquecermos também o anel, ele se dilatará de modo que a esfera poderá passar por ele (Figura 16). Essa segunda parte da experiência prova que quando um anel se dilata, as dimensões do espaço circular que ele envolve aumentam.

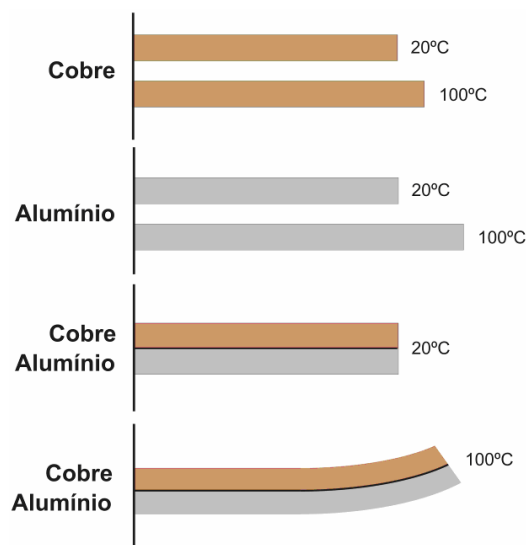


**Figura 16 – A seqüência de fotografias mostra que quando o anel é aquecido ele se dilata, aumentando o diâmetro interno. Como consequência do aumento do diâmetro a esfera passa por ele.**

A dilatação pode ser útil. Quando se quer afrouxar a tampa metálica de um vidro, podemos mergulhá-los em água quente. A tampa de metal dilata-se mais que o vidro e fica um pouco mais frouxa.

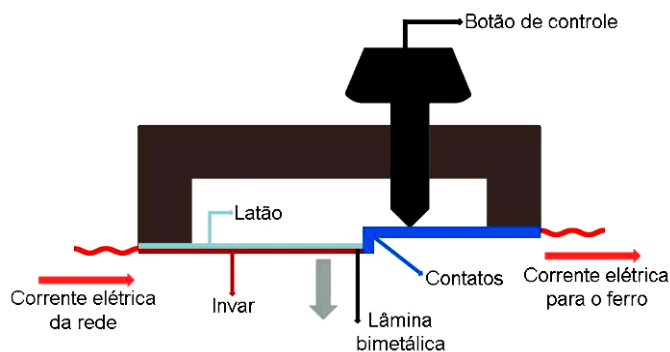
Se fixarmos uma lâmina de alumínio numa de cobre (Figura 17) e as aquecemos, o alumínio dilatará mais que o cobre e por isso a lâmina dupla se envergará. Lâminas duplas como essa são usadas para muitas finalidades.





**Figura 17** – A figura mostra a dilatação de uma lâmina bimetálica que é aquecida de 20°C até 100°C.

A temperatura de alguns modelos de ferros elétricos é controlada por uma lâmina bimetálica (Figura 18). Ela se enverga para baixo, abrindo o circuito, quando o ferro se aquece até atingir uma temperatura desejada. Muitos sistemas de aquecimento elétrico nos quais é necessário manter certas temperaturas, como estufas e fornos, usam termostatos (lâmina bimetálica) para manter sua temperatura mais ou menos constante.



**Figura 18** – A figura representa o termostato de um ferro elétrico que funciona com uma lâmina bimetálica de latão e invar (liga metálica composta de ferro e níquel), cujo coeficiente de dilatação é menor do que o coeficiente do latão.

Um disjuntor termomagnético (Figura 19) é um dispositivo capaz de interromper a corrente elétrica quando essa ultrapassa um certo valor máximo. Seu funcionamento é baseado nos efeitos produzidos pela passagem de corrente elétrica em um circuito: o magnético e o térmico (efeito Joule). O dispositivo é composto de duas partes, um eletroímã e uma lâmina bimetálica.



Figura 19 - Disjuntor termomagnético

Todo corpo ao dilatar-se, o faz volumetricamente. Entretanto, podemos estar interessados apenas na dilatação em uma dimensão (dilatação linear) do corpo, ou em duas dimensões (dilatação superficial) ou de todo o seu volume (dilatação volumétrica). No caso dos fluidos (líquidos, vapores e gases), não tem sentido falar-se em dilatação linear ou superficial.

## 2- Dilatação Linear.

No caso de corpos sólidos, pode acontecer que desejamos calcular apenas a variação de uma de suas dimensões. É o que acontece, por exemplo, na dilatação de uma barra (trilho de trem) e nos fios. Embora o seu volume aumente com o aumento da temperatura, tem maior importância a variação de seu comprimento.

Quando se aquece uma barra de alumínio de 1 metro de comprimento, aumentando sua temperatura de 1 °C, ela se dilata de 22 milionésimos de metro. O *coeficiente de dilatação linear* do alumínio é então 22 milionésimos por grau Celsius. O *coeficiente de dilatação linear de uma substância é a variação do comprimento sofrido por um comprimento unitário quando a sua temperatura varia de uma unidade*. Podemos calcular o aumento do comprimento de uma barra qualquer, multiplicando seu coeficiente de dilatação por seu comprimento e pelo aumento de sua temperatura.

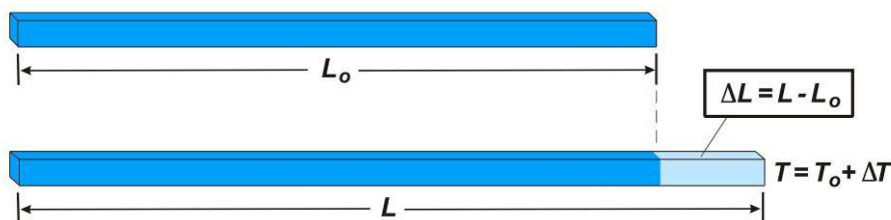


Figura 20 – A figura representa a dilatação linear de uma barra metálica.

Dilatação ( $\Delta L$ ) = coeficiente de dilatação ( $\alpha$ ) X comprimento inicial ( $L_0$ ) X aumento de temperatura ( $\Delta T$ ).

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T \quad \text{ou} \quad L = L_0 [1 + \alpha \cdot \Delta T]$$

Exemplo: De quanto se dilata um trilho de ferro de 10 m de comprimento, quando aquecido de 0°C a 30 °C? Dado:  $\alpha_{\text{Ferro}} = 0,00012/^\circ\text{C}$ .

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T = 0,00012/^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ m} \cdot (30^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 0,0036 \text{ m} = 3,6 \text{ mm}.$$

### 3- Dilatação Superficial e Volumétrica

De modo análogo ao coeficiente de dilatação linear, pode-se definir o coeficiente de dilatação superficial,  $\beta$ , e o coeficiente de dilatação volumétrico,  $\gamma$ .

Nos sólidos isotrópicos, a variação percentual no comprimento é a mesma em todas as direções e se tem, com muito boa aproximação:  $\beta \approx 2 \alpha$  e  $\gamma \approx 3 \alpha$ .

Para mostrar que  $\beta \approx 2 \alpha$  considere-se uma superfície retangular de área  $A_0$  e dimensões  $L_{10}$  e  $L_{20}$  à temperatura  $T_0$  e área  $A$  e dimensões  $L_1$  e  $L_2$  à temperatura  $T$ .

$$\text{Desta forma, } A_0 = L_{10}L_{20} \text{ e } A = L_1L_2.$$

$$\text{Usando } L_1 = L_{10} (1 + \alpha \Delta T) \text{ e } L_2 = L_{20} (1 + \alpha \Delta T), \text{ vem:}$$

$$A = A_0 [1 + 2 \alpha \Delta T + \alpha^2(\Delta T)^2]$$

Agora, como  $\alpha^2 \ll \alpha$ , pode-se desprezar o termo quadrático e escrever:

$$A = A_0 [1 + 2 \alpha \Delta T]$$

e daí,  $\beta \approx 2\alpha$ .

Para mostrar que  $\gamma \approx 3\alpha$  pode-se usar um procedimento análogo.

### 4- Tensão Térmica

Quando um corpo é aquecido e impedido de dilatar por um processo mecânico qualquer, aparecem no seu interior tensões que podem atingir valores muito elevados.

A tensão térmica explica porque um vidro grosso comum quebra quando colocamos água fervendo em seu interior. O vidro é um mau condutor de calor. Isto faz com que as camadas internas se dilatam mais rapidamente que as externas. A tensão térmica assim criada rompe o vidro.

Quando soldamos dois materiais, devemos observar os seus coeficientes de dilatação. Esses devem ser os mais próximos possíveis para evitar que uma variação de temperatura cause uma tensão térmica elevada.

Aníbal (247 a.C. – 183 a.C.) foi um general cartaginês que se destacava como grande tático militar. Ficou conhecido pelo seu desempenho na segunda guerra púnica<sup>15</sup>. Quando o exercito de Aníbal tinha sua marcha obstruída por grandes penhascos, acendiam fogo junto à rocha, que assim se dilatava e a seguir jogavam água gelada. A brusca contração conseguia rachar rochas muito grandes.

**Provocação 4- *Por que o gelo estala quando o colocamos em uma bebida à temperatura ambiente?***

Os estalos emitidos pelo cubo de gelo devem-se às tensões internas causadas pelo aumento brusco de temperatura na superfície do gelo. O aumento da temperatura produz uma dilatação, isto é, põe a superfície sob tensão, o que leva à formação de trincas na superfície. Quando as superfícies dos dois lados do gelo se aproximam ou se afastam, produzem variações da pressão do líquido ou do ar, que se propagam ao longo da trinca em forma de ondas sonoras (Walker, p. 179, 2008).

**Provocação 5- *Por que o pirex não quebra quando aquecido?***

O coeficiente de dilatação linear do vidro pirex é  $3 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e do vidro comum é  $9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , ou seja, três vezes menor. Portanto, a tensão térmica no pirex é bem menor. Entretanto, ainda assim não é conveniente retirar um recipiente de pirex do forno e colocar sobre uma superfície fria, boa condutora.



**Figura 21 – O vidro pirex tem um coeficiente de dilatação relativamente pequeno, por isso pode ser colocado diretamente no fogo.**

---

<sup>15</sup> As Guerras Púnicas consistiram-se numa série de três guerras que opuseram a República Romana e a República de Cartago, cidade-estado fenícia.

## 5- Dilatação dos líquidos

Como os líquidos não possuem forma própria, só tem significado para eles a dilatação volumétrica ou cúbica. Quando estudamos os termômetros, vimos que o mercúrio se dilata e tal dilatação ocorre no interior do recipiente de vidro. Assim como o mercúrio, os líquidos geralmente se dilatam mais que os sólidos.

Para estudarmos a dilatação de um líquido precisamos colocá-lo em um recipiente sólido. Esse, também se dilatando, impede que se observe diretamente a dilatação real sofrida pelo líquido. Na realidade o que observamos é a *dilatação aparente do líquido*.

A soma da dilatação aparente com a dilatação do recipiente é chamada *dilatação real do líquido*. A água não obedece às regras.

A lei que rege a dilatação dos líquidos é a mesma dos sólidos, valendo, portanto, as mesmas expressões matemáticas já vistas.

$$\Delta V = V - V_0 \quad \Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

Então, na análise do comportamento térmico do líquido, devemos considerar também a dilatação do recipiente, que ocorre simultaneamente. Logo, a dilatação efetiva do líquido é expressa por:

$$\Delta V = \Delta V_{AP} + \Delta V_F$$

Onde:

$\Delta V$  é a dilatação real do líquido;

$\Delta V_{AP}$  é a dilatação aparente do líquido (volume de líquido extravasado);

$\Delta V_F$  é a dilatação do frasco (recipiente), isto é, a dilatação do volume que expressa a capacidade do frasco.

$$\gamma = \gamma_{AP} + \gamma_F$$

Onde:  $\gamma$  é o coeficiente de dilatação volumétrica real do líquido  $\gamma_{AP}$  é o coeficiente de dilatação volumétrica aparente e  $\gamma_F$  é o coeficiente de dilatação volumétrica do frasco.

## 6- Dilatação anômala da água

Uma exceção à regra de que os corpos se dilatam com o aumento da temperatura é a água, que se contrai ligeiramente quando a temperatura aumenta na faixa de 0 °C a 4 °C e só começa a se dilatar quando a temperatura ultrapassa 4 °C. Esse fato é importante porque significa que a água líquida abaixo de 4 °C é menos densa que a água a 4 °C. Em consequência, quando os lagos começam a esfriar no inverno, a água fria da superfície afunda antes de se transformar em gelo, permitindo que a água ligeiramente mais quente tome seu

lugar. Depois que toda água dos lagos chega a 4 °C, a água da superfície é a primeira a se transformar em gelo, já que ele é menos denso que a água a 4 °C, que permanece no fundo dos lagos. O gelo é isolante térmico, evitando que os lagos congelem totalmente, o que seria desastroso para os peixes e outros organismos aquático. Como a maioria dos biólogos acredita que a vida na Terra começou nos lagos e oceanos, as propriedades térmicas da água podem ter sido importante para a evolução das formas primitivas de vida.

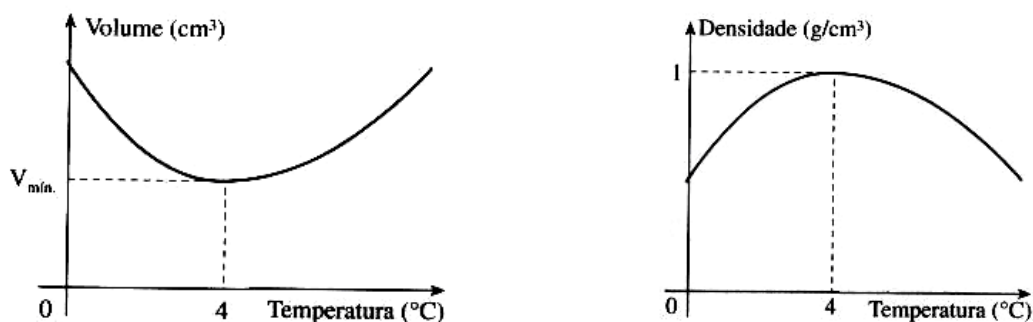


Figura 22 – A figura mostra a variação do volume e da densidade da água líquida, quando aquecida.

## 7- Experiências Simples

### 1º) Dilatação de um aro

A experiência tem como objetivo mostrar que quando um aro é aquecido o seu diâmetro aumenta.

#### a- Material

- 20 cm de fio de alumínio rígido de 6,0 mm de diâmetro;
- parte externa de uma caneta;
- uma esfera de aço;
- uma lamparina.

#### b- Procedimento

Passe uma das extremidades do fio em volta da esfera, fixando-a, conforme a Figura 23-a. Tenha o cuidado de que a esfera não passe pelo aro. Prenda a outra extremidade no plástico da caneta, conforme a Figura 23-b. Retire a esfera e aqueça o aro por aproximadamente 2 min, conforme a Figura 23-c.



Figura 23-a



Figura 23-b



Figura 23-c

Verifique o que ocorre quando a esfera é colocada no aro aquecido. Como você explica o ocorrido?

## 2º) Lâmina Bimetálica

A experiência tem como identificar qual dos materiais possui maior coeficiente de dilatação.

### a- Material

- um pedaço de papel alumínio;
- um pedaço de cartolina;
- cola para papel;
- tesoura;
- uma lamparina.

### b- Procedimento

Recorte uma tira retangular de cartolina com dimensões aproximadas de 2 cm por 10 cm e forre, totalmente, uma das faces com papel alumínio. Segure a tira por uma das extremidades, na posição horizontal. Aproxime a tira da chama, evitando grande aproximação, de modo que a face aluminizada fique voltada para a chama. Repita o procedimento, colocando agora a face não forrada voltada para chama.

Com base nas observações, responda:

- 1º- Quando o lado aluminizado esta voltado para a chama, para onde a tira se curva?
- 2º- Quando o lado aluminizado esta voltado para cima, para onde a tira se curva?
- 3º- Explique os encurvamentos observados.

## IV- Energia em movimento

### 1- Calor e energia interna

O calor, assim como a temperatura e a energia, são palavras muito usadas no dia-a-dia com significados bem diferentes do cientificamente aceito. Calor é uma forma de transferência de energia de um corpo para outro em consequência de uma diferença de temperatura. Por outro lado, a energia interna é a energia associada aos movimentos e interações das moléculas e átomos de um corpo.

James P. Joule confirmou, experimentalmente, que calor é uma forma de energia térmica em trânsito. Joule realizou diversos experimentos na busca do equivalente mecânico do calor. Por volta de 1840 inventou um recipiente com água, isolado termicamente, no qual colocou um sistema de pás que podiam agitar a água (Figura 24).

Como mecanismo impulsor, utilizou um bloco que deixava cair lentamente de certa altura. Como havia atrito das pás com água, o bloco caía com velocidade praticamente constante, ou seja, a energia cinética dos blocos era invariável, e então ele pôde calcular a energia potencial despendida para fazer girar as pás que, dessa forma, aqueciam a água. Praticamente toda energia mecânica é utilizada para aumentar a energia interna da água.

Conhecendo o valor do peso do bloco, Joule calculou a quantidade de energia, na forma de trabalho, transferida para a água. Como ele sabia quanto de energia na forma de calor aquela massa de água deveria receber caso sofresse a mesma variação de temperatura registrada no termômetro (isto é, fosse aquecida não por absorver trabalho mas por absorver calor determinou quantos joules de energia mecânica (trabalho) eram equivalentes a 1 caloria de calor (1 caloria é a quantidade de calor que devemos fornecer a 1 g de água para que a sua temperatura se eleve de 1°C). Foi assim que Joule chegou ao seu equivalente mecânico do calor.

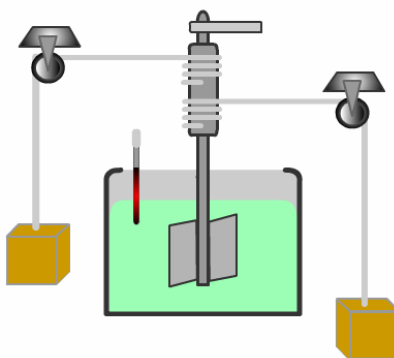


Figura 24 - Equivalente mecânico do calor.



Atualmente, considera-se que quando a temperatura de um corpo é aumentada a energia que ele possui em seu interior, a *energia interna*, também aumenta. Se o corpo é colocado em contato com outro, de temperatura mais baixa, haverá transferência de energia do primeiro para o segundo e essa transferência de energia é denominada *calor*. Portanto, conforme discutido também na seção I, podemos dizer que:

*Calor* é uma forma de energia transferida de um corpo para outro devido, exclusivamente, a uma diferença de temperatura.

A energia interna de um sistema resulta das energias cinéticas das partículas e das energias potenciais resultante das interações entre todas as partículas que o constituem. Podemos ter corpos com as mesmas temperaturas e diferentes energias internas. A energia interna depende também da quantidade de matéria que constitui o sistema e das interações entre as partículas. Se tivermos 3 litros de água a 80 °C e os dividirmos por dois recipientes, um com um litro e outro com dois litros, a água terá a mesma temperatura nos dois recipientes, mas a energia interna no recipiente com dois litros será o dobro da do outro recipiente, pois tem duas vezes mais água.

**Provocação 5- *Qual (is) a(s) condição(ões) para se admitir a existência de calor?***

Para que se admita a existência de calor é necessário a existência de uma diferença de temperatura.

**Provocação 6 - *Se a embalagem informa qual é o tempo necessário para assar uma certa quantidade de carne e você deseja assar uma quantidade duas vezes maior, a carne deve ficar no forno um tempo duas vezes maior*<sup>16</sup>?**

Não é fácil calcular o tempo para assar um peso de carne, já que diferentes fornos funcionam com temperaturas diferentes e diferentes peças de carne conduzem o calor de maneira diferente. Aqui está, porém, uma regra geral: se você conhece o tempo necessário para assar um certo peso de carne a uma certa temperatura, o tempo necessário para assar um peso de carne com o dobro do peso é  $2^{2/3}t$  e o tempo necessário para assar um peso três vezes maior é  $3^{2/3}t$ . O fator multiplicativo do peso é elevado a 2/3 (Walker, p. 201, 2008).

---

<sup>16</sup> Extraído de Walker, p. 201, 2008.

**Provocação 7- Para aumentar a temperatura de um corpo ele deve obrigatoriamente receber calor?**

É importante salientar que a energia interna de um corpo pode aumentar sem que o corpo receba calor, desde que ele receba alguma outra forma de energia. Quando, por exemplo, atritamos dois corpos, as suas temperaturas se elevam, apesar de não terem recebido calor. O aumento da energia interna, nesse caso, ocorreu em virtude da transferência de energia mecânica aos corpos, ao realizarmos o trabalho para atritá-los.

**2- Unidades de calor**

Uma vez que calor é uma forma de energia (em trânsito), no sistema internacional de unidades o calor é medido em *joules*.

Entretanto, existe uma unidade de calor que é muito usada, a *caloria* (1 caloria = 1 cal). Por definição, 1 cal é a quantidade de calor que devemos fornecer a 1 g de água para que a sua temperatura se eleve de 1°C (rigorosamente seria de 14,5°C até 15,5°C).

Em sua experiência já mencionada, Joule estabeleceu a relação entre essas duas unidades, encontrando  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ .

A energia necessária para que as pessoas mantenham as funções vitais e realizem as atividades diárias é retirada dos alimentos. Essa energia normalmente é medida em Calorias com c maiúsculo (note que a “Caloria” dos nutricionistas é definida como a quantidade de energia necessária para aumentar de 1 °C a temperatura de 1 quilograma de água, uma unidade que chamamos de “quilocaloria”). Quando ingerimos mais energia do que gastamos, o excesso é armazenado na forma de gordura. Quando gastamos mais energia do que ingerimos, parte da gordura é consumida para atender à demanda de energia e a quantidade de gordura do corpo diminui.

Aqui estão algumas regras simples para calcularmos quantas Calorias devemos conter na alimentação:

a) Em condições normais, o corpo utiliza, em média, de 30 Calorias (kcal) por dia para cada quilograma de massa.

b) Devemos consumir aproximadamente, 7000 Calorias (kcal) para ganhar 1 quilograma de massa.

Suponha que uma pessoa tenha 60 quilogramas. Para manter sua massa constante, deve consumir:

$$60 \text{ kg} \times 30 \text{ Calorias/quilograma} = 1800 \text{ Calorias (kcal) por dia}$$

Podemos aumentar o consumo de energia através de atividades físicas apropriadas. Embora as quantidades variem um pouco de pessoa para pessoa, uma corrida de 10 minutos a 8 km/h queimará 100 Calorias (kcal) em um homem com massa de 77 kg e 76 Calorias (kcal) em uma mulher de 56 kg de massa. A tabela indica a quantidade de Calorias (kcal) queimadas por uma mulher de 56 kg e por um homem de 77 kg, feitas por 10 minutos. Observe que é muito mais fácil deixar de comer do que queimar calorias fazendo exercícios.

**Tabela 4- Indica a quantia de Calorias (kcal) queimadas por uma mulher de 56 kg e por um homem de 77 kg feitas por 10 min.**

<b>Atividade (10 min)</b>	<b>Mulher (56 kg)</b>	<b>Homem (77 kg)</b>
Basquete	77	106
Ciclismo (8,8 km/h)	36	49
Ciclismo (15 km/h)	56	74
Aeróbica de alto impacto	94	124
Aeróbica de baixo impacto	80	105
Saltar corda (lento)	82	116
Saltar corda (rápido)	100	142
Correr (11 km/h)	113	150
Correr (8 km/h)	76	100
Caminhar (5 a 6 km/h)	45	59
Futebol	78	107
Nado de costas	95	130
Nado peito	91	125
Tênis	61	81
Voleibol	28	39

### 3- Capacidade Térmica e Calor Específico

A **capacidade térmica** de um corpo está relacionada com a quantidade de energia que ele é capaz de absorver ou ceder quando varia a sua temperatura. Quanto maior é a massa de um corpo, maior é sua capacidade térmica. Para calcular a quantidade de energia que um corpo pode ceder ou receber, é necessário conhecer o calor específico da substância que o constitui. O **calor específico** está relacionado com quantidade de energia que uma unidade de massa de uma substância troca quando varia sua temperatura. O **calor específico** é definido como a quantidade de energia por unidade de massa necessária para elevar ou baixar de 1 °C a temperatura de uma substância.

Entre as substâncias de uso comum, a água é a substância que apresenta o maior calor específico. Como foi definido, 1 caloria é necessária para aumentar de 1°C a temperatura de 1 grama de água, enquanto que a quantidade de energia necessária para aumentar de 1 °C a

temperatura de 1 grama de um metal, por exemplo, é muito menor. Se transferirmos 1 caloria para 1 grama de cobre, a sua temperatura aumentará cerca de 10 °C. A água precisa absorver uma energia 10 vezes maior que o cobre para sofrer a mesma variação de temperatura. Essa propriedade da água de absorver e liberar grandes quantidades de energia sem que a sua temperatura sofra grandes variações é importante para o clima da terra, que é moderado pela temperatura relativamente estável dos oceanos.

#### 4- Calor Latente de Transformação

O calor específico é importante para substâncias sólidas, líquidas ou gasosas absorvendo ou cedendo energia quando sua temperatura varia. Quando ocorre uma mudança de fase, porém, a situação fica um pouco mais complicada.

Suponha que um cubo de gelo, ao ser retirado de um *freezer*, esteja a -5 °C, submetido à pressão normal e receba energia na forma de calor. Durante algum tempo, a energia recebida produz aumento da temperatura. A energia das moléculas do gelo aumenta e, quando a temperatura atinge 0 °C (na pressão normal) inicia-se o processo de fusão ou liquefação da água (isto é, gelo se transforma gradualmente em líquido) e a temperatura permanece constante em 0 °C.

A quantidade de energia necessária para transformar uma unidade de massa de uma substância na fase sólida para a líquida é chamada **calor latente de fusão**. O valor do calor latente de fusão varia de uma substância para outra. Para a água, o calor latente de fusão vale 80 cal/g, ou seja, são necessárias 80 calorias para fundir cada grama de gelo.

Para que um pedaço de gelo fundente (isto é, já a 0 °C) tenha a sua temperatura elevada, ele deve passar para o estado líquido; durante o processo de fusão a temperatura da massa fundente não aumenta. Após todo sólido fundir, a temperatura da substância volta a aumentar<sup>17</sup> (Figura 25). À medida que a temperatura aumenta, a agitação térmica das moléculas da água também aumenta. Quando a temperatura atinge 100 °C ocorre uma nova mudança de fase, com a água se transformando em vapor<sup>18</sup>. Quando uma massa de água líquida atinge 100 °C (na pressão normal), ocorre a ebulição; isto é, formam-se bolhas de vapor d'água no interior do líquido. A partir desse instante a temperatura do líquido permanece constante até que se complete a vaporização. A quantidade de calor necessária para transformar uma unidade de massa de uma substância da fase líquida para a fase gasosa é

---

<sup>17</sup> Em um recipiente com gelo em cima de uma chama forte, a água ferve no fundo recipiente enquanto na parte superior ainda há gelo.

<sup>18</sup> Estamos desprezando a evaporação. A evaporação pode acontecer em qualquer temperatura, mas por agora estamos desprezando esse processo de vaporização.

chamada de **calor latente de vaporização**. Para a água, o calor latente de vaporização vale 540 cal/g, ou seja, são necessárias 540 calorias para vaporizar cada grama de água. Depois a água se transforma em vapor por ebulição, a temperatura volta a aumentar se continuar absorvendo energia.

Durante as transformações inversas, ou seja, a transformação do vapor em água e de água em gelo, a temperatura permanece constante enquanto a energia é retirada do sistema para que todas as moléculas entrem na nova fase. A temperatura diminui apenas quando a mudança de fase se completa.

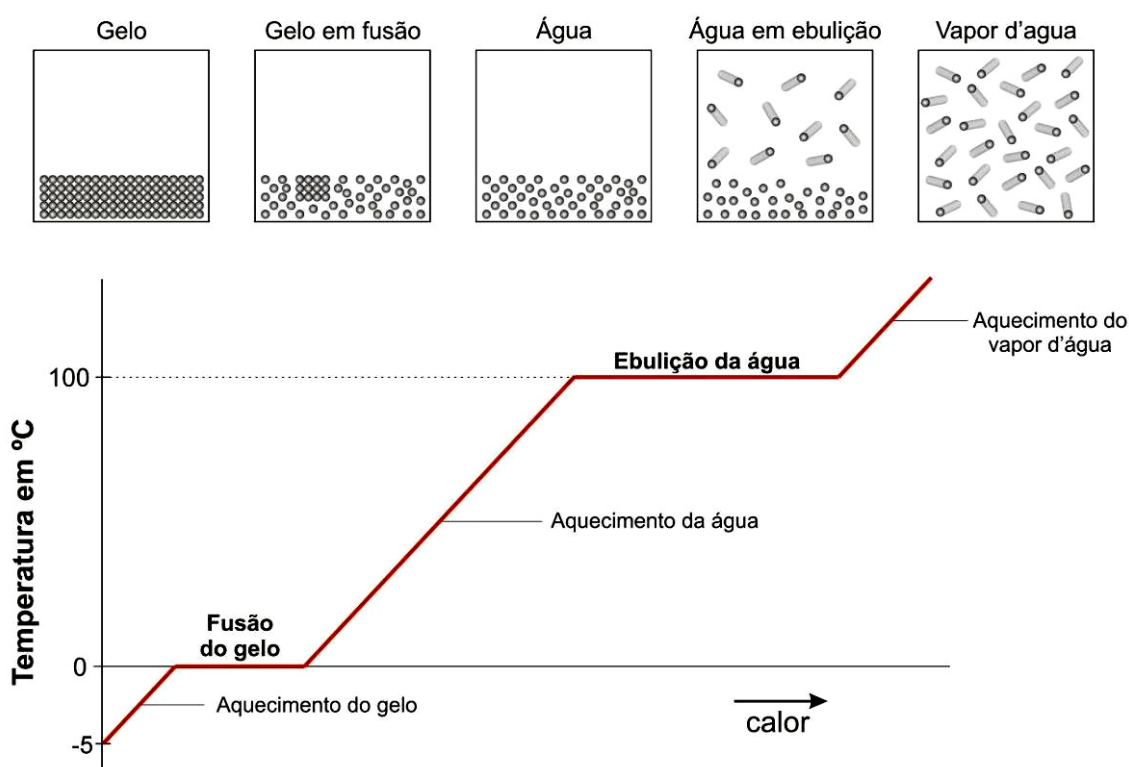


Figura 25<sup>(19)</sup> - O gráfico mostra a temperatura em função da quantidade de calor absorvida. Observe que a temperatura permanece constante durante a fusão e durante a ebulição. Na análise do gráfico estamos desprezando a evaporação, a condensação e a sublimação.

### Provocação 8- *Sempre que um corpo recebe calor a sua temperatura aumenta?*

Um corpo pode receber ou ceder calor sem que ocorra variação na sua temperatura. Isso ocorre, por exemplo, durante uma mudança de fase na qual a energia recebida ou cedida altera as ligações inter-moleculares.

<sup>19</sup> Adaptado de Trejil, J; Hanzen, R., p 247, 2006.

## V - Processos de propagação do calor

### 1 – Aplicação Tecnológica: Trocadores de Calor

Trocador de calor é o dispositivo usado para realizar o processo de troca térmica entre um sistema e sua vizinhança quando se encontram a temperaturas diferentes. Os trocadores de calor desempenham papel importante nas diversas áreas do conhecimento, na pesquisa científica e nas aplicações tecnológicas.

Na indústria são usados para aquecer ou resfriar fluidos para usos diversos. São encontrados sob a forma de torres de refrigeração, caldeiras, condensadores, evaporadores e leitos fluidizados. Dispositivos de conforto ambiental e conservação de alimentos, como condicionadores de ar, aquecedores de água domésticos e frigoríficos se baseiam fundamentalmente em trocadores de calor. A produção de bebidas destiladas utiliza essa tecnologia como nos alambiques, por exemplo.

A manutenção da temperatura adequada ao funcionamento dos motores de automóveis é conseguida através de radiadores; e nos processadores de microcomputadores é mantida por um cooler<sup>20</sup> (Figura 26). Podemos imaginar uma infinidade de aplicações para esse dispositivo, pois a transferência otimizada e a conservação de energia sob a forma de calor é um desafio constante.



Figura 26 – A figura mostra um dissipador de calor (cooler) de um processador de microcomputador.

---

<sup>20</sup> Cooler é nome utilizado para os dissipadores de energia na forma de calor usados em microcomputadores e notebooks.

## 2- Condução térmica

A Figura 27 mostra uma pessoa segurando uma das extremidades de uma barra metálica enquanto a outra está em contato com uma chama. Ele não conseguirá segurar o metal por muito tempo, pois a energia, na forma de calor, transfere-se de uma extremidade para outra da barra, aquecendo a mão. Dizemos que a energia transferiu-se por condução.

Os átomos ou moléculas da extremidade aquecida pela chama adquirem maior energia de agitação (energia cinética). Parte dessa energia é transferida para as partículas da região vizinha a essa extremidade, então a temperatura da região também aumenta. Esse processo continua ao longo da barra e, após certo tempo, a pessoa que segura a outra extremidade perceberá uma elevação da temperatura nesse local. A transmissão de calor continuará enquanto existir uma diferença de temperatura entre as duas extremidades.

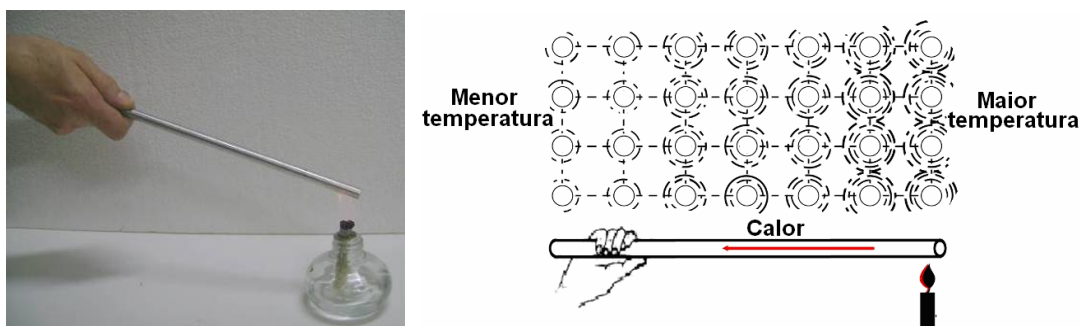


Figura 27 - Transmissão do calor por condução

Nesse processo a energia é transportada de partícula para partícula através do aumento da vibração, sem que nenhuma delas sofra translação ao longo do corpo. Podemos, então, definir:

**Condução térmica** é um processo de transporte de energia sem transporte de matéria, que necessita de um meio e ocorre de maneira mais eficiente nos materiais sólidos.

Dependendo da constituição atômica de um material, a agitação térmica poderá ser transmitida de uma partícula para outra com maior ou menor facilidade, fazendo com que o material seja bom ou mau condutor de energia na forma de calor. Os corpos mais densos, ou seja, com maior número de partículas, sobretudo partículas livres que possam ser portadoras de energia cinética, são bons condutores de calor. Já os líquidos, os vapores e os gases, por possuírem, em geral, menor densidade, não favorecem a transmissão de energia por condução. Assim os metais, por exemplo, são bons condutores de energia na forma de calor, enquanto

que outras substâncias como plástico, vidro, madeira, algodão, lã, gelo, ar, etc., são isolantes térmicos, isto é, conduzem mal a energia na forma de calor.

**Provocação 9- *O que significa dizer “estou com frio”?***

Quando nos encontramos em ambientes com temperaturas menores que a nossa temperatura corporal (em média 36°C), ocorre uma contínua transmissão de calor do nosso corpo para o ambiente. Se a temperatura ambiente for muito baixa, essa transmissão acontece de maneira muito rápida, sendo isso o que provoca em nós a sensação de frio. É bom esclarecer que os agasalhos que usamos não servem para aquecer, isto é, eles não nos cedem energia. As roupas diminuem a sensação de frio porque são feitas de materiais isolantes térmicos (lã, algodão, fibras, etc.), reduzindo assim a quantidade de energia na forma de calor que é transmitida do nosso corpo para o meio.

**Provocação 10- *Em um mesmo ambiente de temperatura uniforme, você toca um pedaço de madeira e uma peça de metal. Como você explica o fato de a peça metálica parecer mais fria?***

Quando tocamos em uma peça de metal e em um pedaço de madeira, ambos no mesmo ambiente, e, portanto ambos a mesma temperatura, o metal nos dá a sensação de estar mais frio que a madeira. Isso ocorre porque, sendo o metal um melhor condutor térmico que a madeira, haverá uma transferência de energia mais rápida (e maior se os tempos de contato forem iguais) da mão para a peça metálica do que para o pedaço de madeira. Da mesma maneira, ao tocarmos um piso de madeira temos a sensação de que esse é mais quente que o piso de ladrilho, pois o pé e o ladrilho trocam calor muito mais rapidamente do que o pé e a madeira.

**3- Comentários importantes:**

1º) As panelas usadas em uma cozinha devem ser feitas de metal para que a energia térmica se propague rapidamente. Mas seus cabos geralmente são feitos de madeira ou de plástico, maus condutores de calor, a fim de dificultar a chegada do calor até a mão de quem segura o utensílio.





**Figura 28 – Panelas e chaleiras devem ter cabo isolante para seu manuseio.**

2º) Quando recipientes de vidro são aquecidos em laboratório, colocam-se telas metálicas sob eles. Por conduzirem bem a energia térmica, elas a distribuem bem por toda a base do recipiente e evitam que a chama entre em contato direto com o vidro. Sem a tela metálica, a energia térmica se concentraria em uma pequena superfície da base do recipiente de vidro. Como o vidro é um mau condutor de energia térmica, haveria dilatações diferentes em cada parte da base, o que provavelmente provocaria a sua quebra.

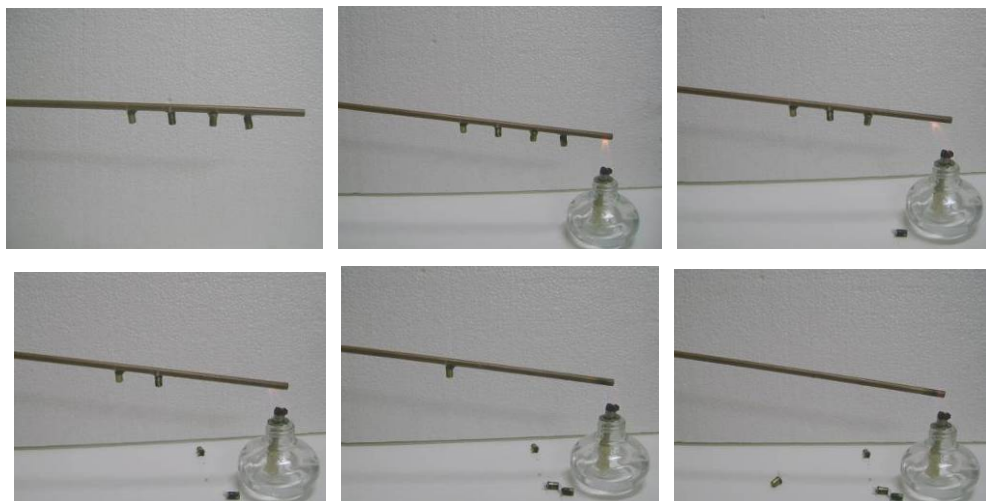
3º) As panelas de aço inox com fundo triplo são feitas com duas camadas de aço inox, envolvendo uma camada de alumínio que por se melhor condutor que o aço inox distribui o calor da chama de maneira mais uniforme, facilitando o cozimento dos alimentos. Se o alumínio for substituído por cobre, o aquecimento ainda é mais homogêneo e rápido em toda sua superfície interna.



**Figura 29 – Panela de aço inox com fundo triplo de alumínio.**

#### 4- Experiências Simples

1º) Pingue cera (de uma vela) em um arame a cada 2 cm e, enquanto a cera estiver mole, grude um percevejo em cada gota. Use três ou quatro percevejos (Figura 30). Depois que a cera esfriar, acenda a vela e, segurando o arame com um prendedor de roupa ou com um isolante, aqueça a ponta do arame. O que aconteceu? Por que os percevejos mais próximos do fogo caíram primeiro?



**Figura 30** – A figura mostra a transferência de calor por condução através de um metal. Os pinos presos à barra metálica com parafina de uma vela vão caindo em ordem a partir extremidade onde está a chama.

2º) Coloque um pedaço papel fino em cima de uma moeda e apóie uma ponta de um incenso aceso sobre o papel: você observará que o papel não queima. Tire a moeda e o papel queimará imediatamente após entrar em contato com o incenso. A energia, na forma de calor, se transmitirá rapidamente para a moeda e o papel não conseguirá a temperatura necessária para entrar em combustão.

3º) Na Figura 31 estão representadas quatro barras de diferentes matérias com uma das extremidades coberta com cera e a outra em contato com água quente. Em qual dos materiais a cera começará a derreter primeiro? O que isso significa?



**Figura 31** – A figura mostra um recipiente com água quente onde são colocadas quatro barras de materiais diferentes. Na extremidade das barras coloca-se um pedaço de cera.

## 5- Convecção térmica

Para entendermos a propagação de calor por convecção, vamos analisar um recipiente com água colocado sobre uma chama. A camada de água do fundo do recipiente recebe calor da chama, por condução. Consequentemente, o volume dessa camada aumenta e, então, sua densidade diminui. A água aquecida, por ser menos densa, sobe através da massa do líquido ao mesmo tempo a água da camada superior, mais densa, desce por ação gravitacional. O processo continua, com circulação contínua de água mais quente para cima e água mais fria para baixo, chamadas *correntes de convecção*. A convecção pode ocorrer somente nos fluidos (líquidos, vapores e gases).

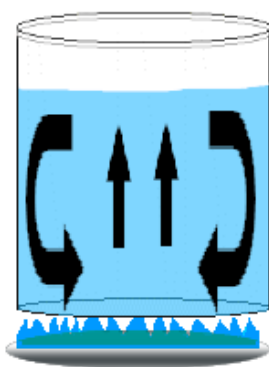


Figura 32 – Correntes de convecção num líquido em aquecimento.

Podemos, então, definir:

**Convecção térmica** é um processo de transporte de energia, juntamente com o transporte de matéria, devido a uma diferença de densidade e à ação gravitacional.



Figura 33 – A figura mostra um cata-vento girando devido às correntes de convecção.

### Provocação 11- *Por que a lã é muito usada nos dias frios?*

Sempre que se quer um bom isolamento térmico para a condução, procuram-se materiais que tenham a propriedade de manter uma camada de ar estacionária no seu interior, impedindo desta forma também a transmissão do calor por convecção. A lã (Figura 34) é

muito usada, pois além de ser um excelente isolante térmico também armazena ar entre as suas fibras. É também para obter esse efeito que, em dias frios, os pássaros eriçam suas penas de modo a manter entre elas camadas de ar. Isso, também justifica o motivo pelo qual a serragem é melhor isolante que a madeira que lhe deu origem.

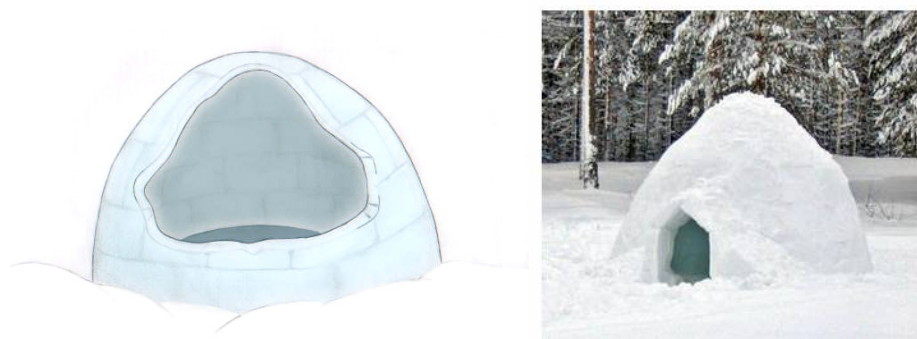


**Figura 34 - Tecido de lã ampliado 20 vezes.**

**Provocação 12** – Como é possível se abrigar do “frio” numa casa de gelo<sup>21</sup>?

Na casa de gelo, também chamada de iglu, as paredes proporcionam um isolamento térmico, possibilitando que a energia térmica irradiada pelo corpo de uma pessoa ou por uma chama, passe mais devagar pelas paredes.

Um iglu bem feito é achatado e possui uma cama elevada que ocupa aproximadamente dois terços do piso. A entrada é através de um túnel que leva a o outro terço do piso, mais baixo. Depois de entrar, a pessoa sobe na cama. Como o ar mais quente sobe e o mais frio desce, o ar acima da cama é bem mais quente do que o ar na parte baixa do iglu, o que torna possível que o ocupante durma a uma temperatura amena. Os blocos de gelo podem ser vedados com neve por dentro e por fora da casa.

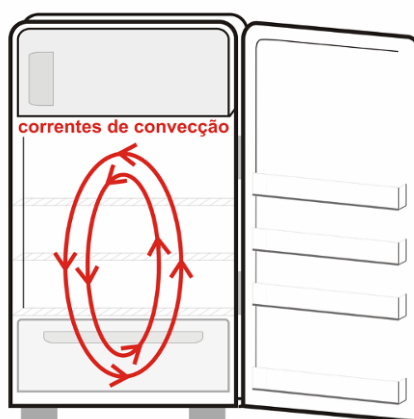


**Figura 35 - Casa dos esquimós.**

<sup>21</sup> Extraído de Walker, p. 183, 2008.

## 6- Comentários importantes:

1º) Em um refrigerador ocorre a formação de correntes de convecção. Na parte superior as camadas de ar, em contato com o congelador, cedem energia térmica a ele por condução. O ar dessa região torna-se mais denso e desloca-se para a parte de baixo do refrigerador, enquanto que as camadas de ar dessa região, pelo fato de o ar ser menos denso, deslocam-se para cima. Essa circulação de ar, causada pela convecção, faz com que a temperatura seja aproximadamente a mesma em todos os pontos do refrigerador, com exceção da parte interna do congelador.



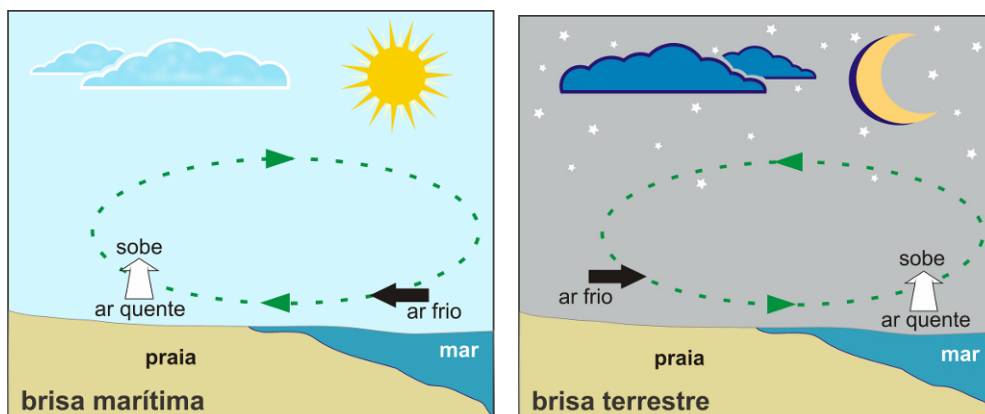
**Figura 36 – Para que ocorram as correntes de convecção, o congelador deve estar na parte superior.**

2º) O clima da Terra depende de muitos fatores, mas um dos importantes é a energia térmica dos oceanos. Durante o dia, os raios solares que incidem nos oceanos fazem aumentar a temperatura da água do mar. Como a água possui um calor específico elevado e a massa da água dos oceanos é muito grande, os oceanos levam muito tempo para aquecer e também muito tempo para esfriar. As substâncias de que são feitos os continentes, por outro lado, possuem um calor específico muito menor e apenas uma camada relativamente estreita da superfície é aquecida pelo sol. Assim, os continentes esquentam e esfriam muito mais rapidamente que os oceanos.

No litoral, durante o dia, o ar próximo à superfície da Terra se aquece mais rapidamente do que o ar próximo à superfície do mar. Assim, o ar que está sobre a areia sobe e, abre um espaço, que é rapidamente ocupado pelo ar mais frio, aquele que está sobre o mar. Forma-se assim uma corrente de ar que chamamos de brisa marítima, pois sopra do mar para a terra.

Depois que o Sol se põe, a água e a areia deixam de receber energia e começam a esfriar. Mas a areia esfria rapidamente, enquanto a água do mar demora a esfriar. O ar que está sobre o mar fica mais quente do que o ar que está sobre a areia. Mais aquecido, fica

menos denso e sobe. Assim, o ar que está sobre a areia se desloca em direção ao mar: é a brisa terrestre.



**Figura 37 – Durante o dia a brisa sopra do mar para a terra e durante a noite sopra da terra para o mar.**

3º) As correntes de convecção são importantes para a dispersão de poluentes atmosféricos. Nas grandes cidades, devido ao elevado número de indústrias e de veículos automotores em circulação, o ar atmosférico recebe grandes quantidades de poluentes. Os principais são o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Esses poluentes causam problemas de saúde, principalmente irritações nos olhos e nas vias respiratórias.

Como são liberados a uma temperatura maior do que a do ar atmosférico, os poluentes deveriam subir e se dispersar nas camadas superiores atmosféricas. Mas isso nem sempre acontece, dependendo do tipo de poluente, da concentração e também da época do ano.

4º) No inverno, em algumas cidades, é freqüente o fenômeno da inversão térmica. Devido ao resfriamento da superfície da terra, as camadas de ar próximas à superfície ficam mais frias do que as camadas superiores e, mesmo durante o dia, o sol fraco de inverno não consegue reverter o processo. Isso provoca interrupção das correntes de convecção e os poluentes permanecem junto ao solo, não se dispersando na atmosfera.

5º) A água apresenta um comportamento anômalo em relação às outras substâncias. De 0°C a 4°C, ao invés de se dilatar, ela se contrai, o que provoca um aumento em sua densidade. A camada superior da água, em contato com o ambiente frio se resfria, o que a torna mais densa. Essa parte superior da água, por ser mais densa afunda, enquanto a água menos densa que se encontra no fundo, suba. Porém, quando a camada inferior atinge uma temperatura entre 4 °C, essas correntes de convecção cessam, pois essa camada inferior fica com maior densidade.



Cessando as correntes de convecção, a água da parte superior fica em contato constante com o meio externo mais frio, o que provoca o seu congelamento. Como o gelo é um bom isolante térmico, ele diminui a perda de energia na forma de calor da água líquida, imediatamente abaixo dele, para o meio externo, o que faz com que a água permaneça na fase líquida e com temperatura entre 0°C e 4°C.

## 7- Irradiação térmica

Como chega até nós a energia emitida pelo Sol? É evidente que não há de ser por condução ou convecção, pois entre ele e a Terra não existe meio material para que isso ocorra. A energia emitida pelo sol chega até nós através de ondas eletromagnéticas.

O processo de transmissão de energia através de ondas eletromagnéticas (radiações infravermelhas), chamadas ondas de calor ou calor radiante, é a *irradiação térmica*. Enquanto a condução e a convecção somente ocorrem em meios materiais, a irradiação acontece tanto em alguns meios materiais como no vácuo (ausência de matéria).

A energia transmitida pelas ondas eletromagnéticas, ao serem absorvidas por um corpo, aumentam sua energia interna, aquecendo-o. A energia radiante não aquece o meio em que se propaga. Ela só aquece quando é absorvida por ele.

A radiação térmica de um corpo depende da sua temperatura; quanto maior a temperatura, tanto mais ele irradia. De uma maneira geral, podemos dizer que, em maior ou menor grau, todos os corpos emitem energia radiante devido à sua temperatura. Podemos, então, definir:

**Irradiação térmica** é o processo de transferência de calor através de ondas eletromagnéticas, chamadas ondas de calor ou calor radiante.



Figura 38 – Nas lareiras o principal processo de transmissão de calor é a irradiação.

**Provocação 13- *Uma cascavel morta pode picar uma pessoa*<sup>22</sup>?**

A resposta é sim. Até meia hora após a sua morte ela pode picar e injetar o veneno numa pessoa que se aproxima dela. As fossas entre os olhos e as narinas funcionam como sensores térmicos. A radiação térmica emitida por uma pessoa que se aproxima pode causar um ato reflexo, mesmo que a cobra já esteja morta.

**8- Comentários:**

1º) Qualquer corpo cuja temperatura é superior à do zero absoluto emite energia radiante.

2º) A frequência da radiação que um corpo emite é tanto maior quanto maior for a temperatura.

3º) Um corpo só emite radiação visível em quantidade suficiente para impressionar o olho humano quando a sua temperatura está acima de 500°C. O vagalume não está a essa temperatura. A irradiação do vagalume não é térmica. Tem causa biológica, resultando da ação de uma enzima (a luciferase) sobre uma substância (a luciferina).

4º) O Sol é o principal emissor de energia para a Terra, emitindo ondas eletromagnéticas na faixa do visível e também radiação em frequências mais altas e mais baixas que o visível, propagando-se através do vácuo. De toda energia liberada pelo Sol, só 1,4 bilionésimos chegam até a Terra. Parte dessa energia (30%) é refletida nas altas camadas da atmosfera, voltando para o espaço. Cerca de 47% dessa energia aquece e evapora a água dos oceanos e rios; 16% aquece o solo; 7% aquece o ar e 0,07% é usada pelas plantas terrestres e marinhas na fotossíntese.

5º) Estufas (Figura 39) são recintos fechados com paredes e teto de vidro (ou plástico transparente), utilizadas principalmente em países de inverno rigorosos para cultivar verduras, legumes e flores.

O vidro é transparente à energia radiante luminosa que chega do sol e é opaco a ondas na faixa do infravermelho.

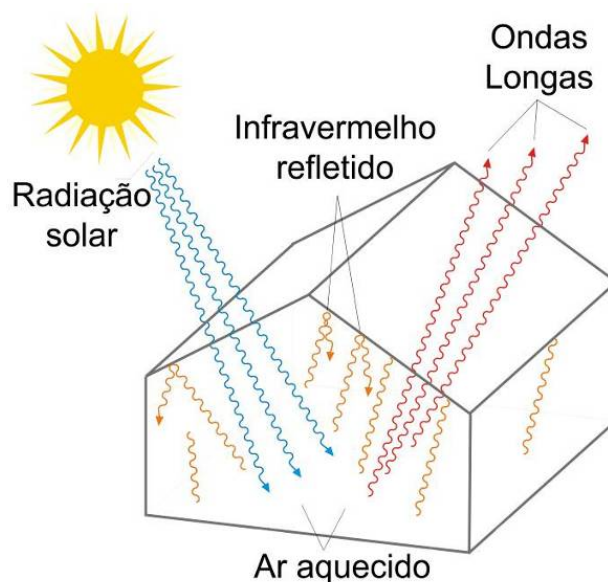
As radiações infravermelhas se constituem na realidade de uma gama de ondas de diversos comprimentos; aquelas que possuem maior comprimento não conseguem passar pelo vidro, mas as de menor comprimento passam, juntamente com a luz visível e outras radiações. Parte dessa energia é absorvida pelas plantas que estão no interior da estufa. Essas plantas se

---

<sup>22</sup> Extraído de Walker, p. 183, 2008.



aquecem e emitem parte da energia absorvida em forma de infravermelho, só que agora com comprimentos de onda maiores do que a radiação que ingressou na estufa. Essa reemissão infravermelha não consegue passar pelo vidro e a energia fica retida no interior da estufa, fazendo com que a temperatura permaneça relativamente estável.



**Figura 39-** A radiação solar atravessa as paredes e o teto de vidro de uma estufa e aquecem o seu interior, que por sua vez emite radiação infravermelha que não consegue sair da estufa.

6º) A atmosfera da terra também provoca o efeito estufa (Figura 40). O gás carbônico e os vapores de água presentes na atmosfera terrestre funcionam como o vidro: transparente à energia radiante que vem do sol (a camada externa visível do Sol é chamada fotosfera, e tem uma temperatura de 5700 K) e opacos às ondas infravermelhas emitidas e refletidas pela Terra (a temperatura média da terra devido ao efeito estufa é de 290 K).

Assim, o Efeito Estufa é um dos principais mecanismos para manter uma temperatura ideal na Terra para o desenvolvimento da vida. No entanto, a emissão desenfreada de gases (principalmente  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ) acentua os reflexos do Efeito Estufa, aumentando a temperatura global e, dessa maneira, modificando as condições ambientais de hoje através do derretimento das calotas polares, do aumento do nível médio dos mares e da desestabilização das estações do ano, dentre outras consequências climáticas.

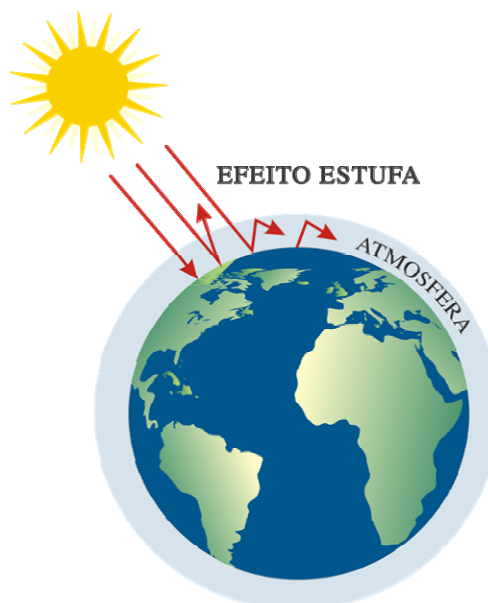


Figura 40- O efeito estufa.

### 7º) Garrafa térmica.

Também conhecida como *vaso de Dewar*, a garrafa térmica (Figura 41) é um dispositivo cuja finalidade principal é manter praticamente constante, pelo maior intervalo de tempo possível, a temperatura do seu conteúdo.

Para tanto, as paredes desse sistema são praticamente *adiabáticas*, isto é, reduzem consideravelmente as trocas de calor entre o seu conteúdo e o meio externo.

A função de uma garrafa térmica é dificultar as trocas de calor de seu conteúdo com o ambiente externo. Dessa forma é construída de modo a evitar, tanto quanto possível, a condução, a convecção e a radiação. Isso é feito da seguinte maneira:

- as paredes internas são feitas de vidro que, por ser mau condutor, atenua as trocas de calor por condução;
- as paredes internas são, ainda, duplas e separadas por uma região de vácuo, cuja função é tentar evitar a condução e a convecção do calor que passa pelas paredes de vidro;
- o vidro de que são feitas as paredes internas da garrafa é espelhado para que o calor radiante seja refletido, atenuando, dessa forma, as trocas por irradiação;
- a tampa isolante dificulta também a condução.

Para evitar possíveis trocas de calor por convecção, basta manter a garrafa fechada. Dessa forma, as massas fluidas internas não conseguem sair do sistema.

É evidente que não existe isolamento térmico perfeito; assim, apesar dos cuidados citados, após um certo tempo o conteúdo da garrafa térmica acaba atingindo o equilíbrio térmico com o meio ambiente.

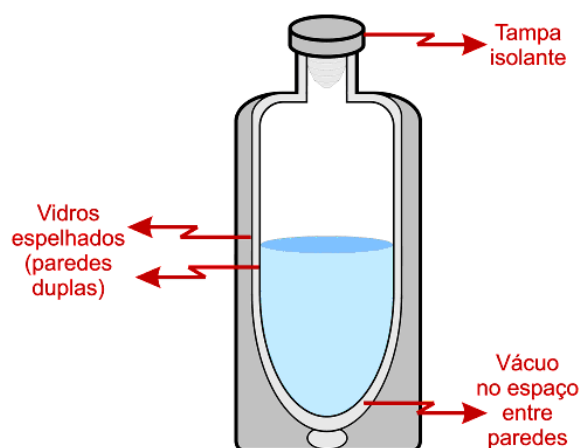


Figura 41- Garrafa térmica.

8º) Quando a radiação térmica incide em um corpo, parte dela é absorvida e parte é refletida por ele. Os corpos escuros absorvem a maior parte da radiação incidente. É por isso que um objeto preto, colocado ao Sol, tem a sua temperatura sensivelmente elevada. Por outro lado, os corpos claros refletem quase totalmente a radiação térmica incidente e, por isso, nos climas quentes, as pessoas usam frequentemente roupas claras.

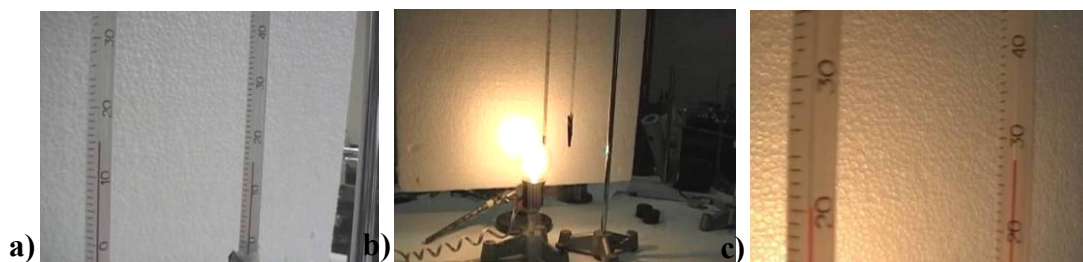


Figura 42 – Os termômetros mostrados em a) estão em equilíbrio térmico com o ambiente, isto é, ambos a mesma temperatura. b) A seguir os termômetros são expostos a uma lâmpada incandescente de 60 W c) e observa-se que o bulbo revestido teve maior variação de temperatura.

## VI - Mudança de fase.

### 1- Fases da matéria

Do ponto de vista macroscópico a matéria pode existir em três estados de agregação distintos (fases): sólido, líquido e gasoso. Em geral, dependendo das condições de temperatura e pressão, uma mesma substância pode se apresentar em qualquer uma das três fases. Na fase gasosa, as moléculas se movem livremente e a substância não apresenta forma nem volumes definidos. Na fase líquida, as moléculas ficam muito próximas umas das outras, porém podem mover-se com certa facilidade. A menor distância intermolecular faz com que as forças de coesão entre as moléculas do líquido sejam mais intensas que na fase gasosa. Como consequência, o líquido apresenta volume próprio e forma variável. Na fase sólida, as moléculas estão dispostas em um arranjo cristalino<sup>23</sup>, onde cada molécula tem uma posição fixa em torno da qual pode apenas vibrar. Os sólidos têm forma e volume definidos.

Sob determinadas condições de temperatura e pressão, uma substância pode passar de uma fase para outra. Quando a substância, durante a mudança de fase, absorve energia na forma de calor, essa transformação é chamada *endotérmica* e quando cede energia na forma de calor, é chamada *exotérmica*.

Na Figura 43, estão indicadas as mudanças de fase mais comuns.

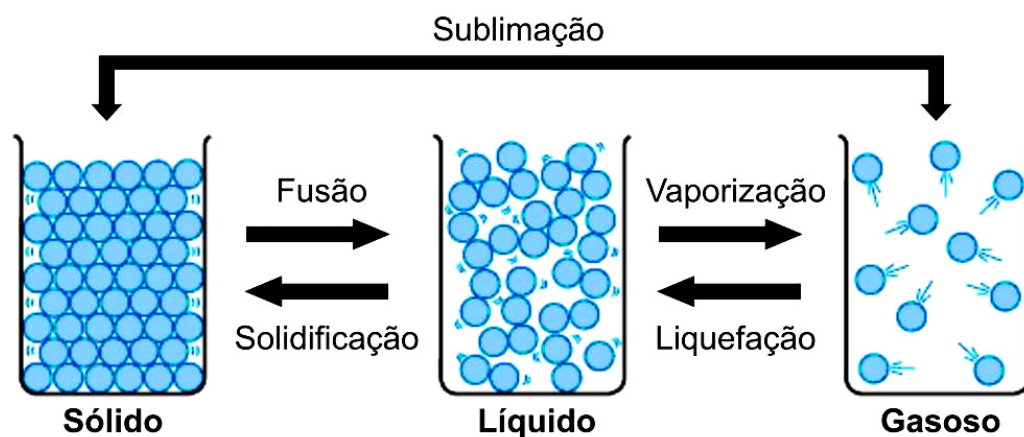


Figura 43 – Mudanças de fase de uma substância pura e cristalina.

<sup>23</sup> Os sólidos amorfos serão tratados no próximo capítulo.

Tabela 3 – A tabela apresenta as principais características das mudanças de fase.

Transformação	Mudança de fase	Temperatura que se processa a mudança de fase	Observações	Transformação
Sólido $\Rightarrow$ Líquido	Fusão	Temperatura de fusão ( $T_F$ )	$T_F = T_S$	Endotérmica
Líquido $\Rightarrow$ Sólido	Solidificação	Temperatura de solidificação ( $T_S$ )	$T_S = T_F$	Exotérmica
Líquido $\Rightarrow$ Gasoso	Vaporização	Temperatura de vaporização ( $T_V$ )	$T_V = T_C$	Endotérmica
Gasoso $\Rightarrow$ Líquido	Condensação	Temperatura de condensação ( $T_C$ )	$T_C = T_V$	Exotérmica
Sólido $\Rightarrow$ Gasoso	Sublimação	Temperatura de sublimação ( $T_S$ )	$T_S = T_{SI}$	Endotérmica
Gasoso $\Rightarrow$ Sólido	Sublimação (inversa)	Temperatura de sublimação inversa ( $T_{SI}$ )	$T_{SI} = T_S$	Exotérmica

## 2 – Solidificação e Fusão de uma substância pura e cristalina.

### a – A temperatura de fusão é igual à temperatura de solidificação.

Se pudéssemos observar as moléculas de um cubo de gelo resfriado até próximo do *zero absoluto*, verificaríamos que elas teriam uma agitação muito pequena. À medida que a temperatura do gelo for aumentada, as suas moléculas vibram com maior intensidade. A energia cinética das moléculas aumenta à medida que o gelo absorvesse energia. Quando a temperatura chega a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , considerando a pressão normal, as moléculas vibram tão intensamente que vencem as forças que as prendem às moléculas vizinhas, começando a se movimentar umas entre as outras, ou seja, o gelo *funde*.

Quando a água é resfriada, diminui a agitação de suas moléculas, ou seja, diminuem a sua energia cinética. A partir do momento em que a temperatura atinge  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , as moléculas movimentam-se tão lentamente que podem se prender umas às outras para formar um sólido. Em outras palavras, a água *solidifica* gradualmente. Após a solidificação de toda a massa de água, as moléculas, que agora podem apenas vibrar, passam a mover-se mais lentamente à medida que a temperatura diminui.

### b – Leis da fusão (solidificação) cristalina

**1º lei** – Sob determinada pressão, a fusão (solidificação) de uma substância pura e cristalina sempre se processa a mesma temperatura.

**2º lei** – Se a pressão permanecer constante durante a fusão (solidificação) cristalina, a temperatura permanecerá constante.

Enquanto a água está congelando ou o gelo fundindo, sob pressão normal, sua temperatura permanece no 0 °C.

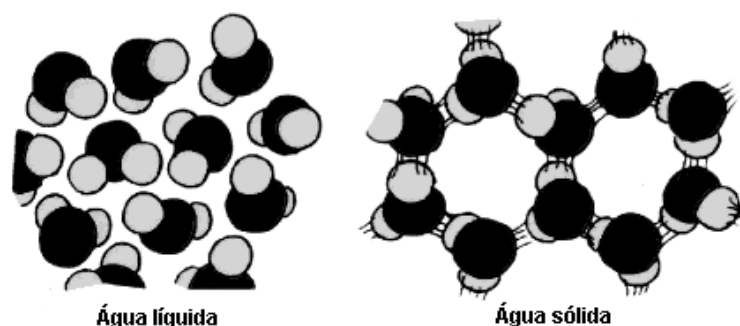
Todos os sólidos cristalinos se comportam como gelo. À medida que suas temperaturas são elevadas suas moléculas vibram com maior intensidade até que, a certa temperatura, a substância funde. *Toda substância cristalina funde-se e solidifica-se a uma temperatura definida.*

**c – Os plásticos não têm temperaturas definidas de fusão.**

Os plásticos, vidro, borracha, cera e parafina amolecem gradualmente quando são aquecidos e podem ser moldados. Essas substâncias são chamadas amorfas. Nos plásticos, algumas moléculas são presas mais fortemente às suas vizinhas do que outras. Essas substâncias não têm ponto de fusão definidos e a fusão é chamada de **fusão pastosa**.

**d – A água aumenta de volume na solidificação.**

As substâncias, em sua maioria, diminuem de volume na solidificação, mas a água aumenta. Se você coloca uma garrafa de água no congelador de modo que a água solidifique, seu volume aumenta cerca dez por cento. Nos lugares muito frios, a água pode congelar no inverno, no radiador dos automóveis, e romper os canos. O mesmo pode acontecer nos encanamentos das casas. O *congelamento* da água faz a água dilatar e romper os canos. Além da água, o antimônio, o bismuto e o ferro também se dilatam durante a solidificação.



**Figura 44 – O volume da água aumenta durante a solidificação.**

**e – Consequências práticas da expansão do gelo e de outras substâncias.**

Se a água sofresse contração durante a solidificação, o gelo formado na superfície dos lagos, no inverno rigoroso, seria mais denso que a água e iria para o fundo. No verão seguinte o gelo, no fundo, ficaria isolado pela água acima dele e provavelmente não fundiria. Ano após ano, mais gelo se acumularia até que o lago todo se congelasse. Se o mesmo acontecesse nos mares, a maior parte da água se congelaria com perigo para a sobrevivência dos seres vivos.

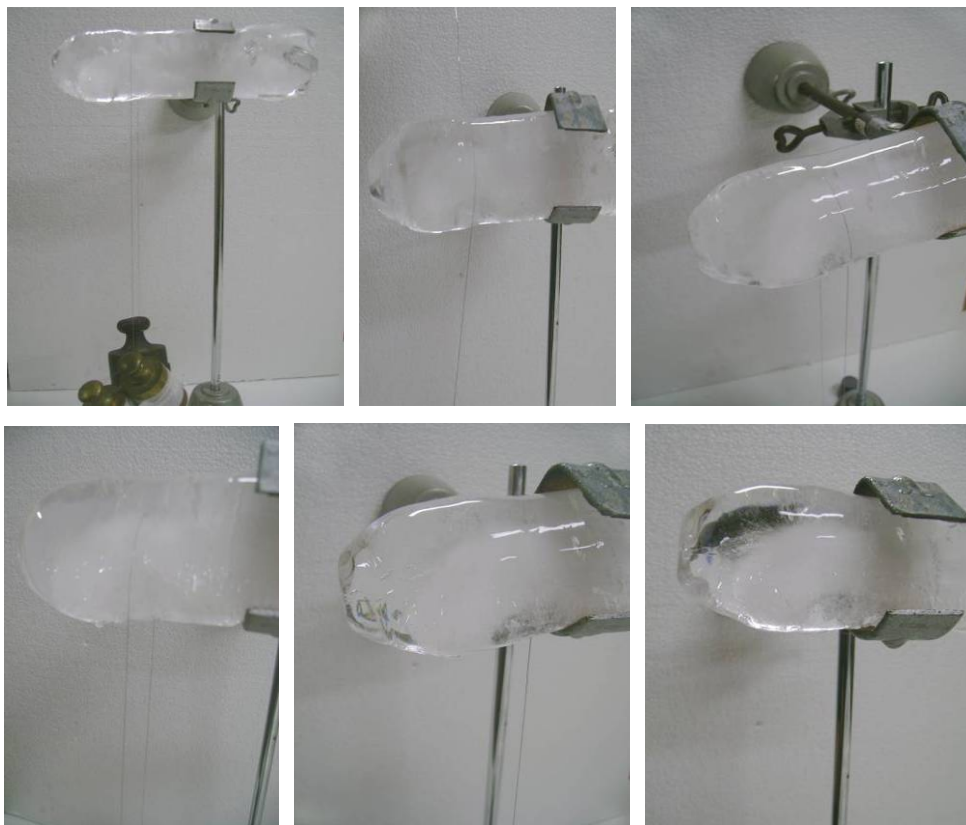
**f – Influência da pressão na temperatura de mudança de fusão (solidificação).**

Quando uma substância cristalina aumenta de volume ao se fundir (como a grande maioria delas), uma maior pressão dificultará esse aumento de volume e exigirá uma maior temperatura para que se processe a fusão. Para essas substâncias, quanto maior for a pressão exercida sobre o sólido, maior será a sua temperatura de fusão. Se a substância cristalina diminuir de volume ao se fundir (como o caso da água), um aumento da pressão diminuirá a temperatura de fusão.

Aperte dois pedaços de gelo um contra o outro e solte-os então. Nas superfícies em contato o gelo começa a se fundir, devido ao aumento da pressão. Diminuindo a pressão, os dois pedaços se ligam pela solidificação da água entre eles.

O aumento da pressão produz uma redução na temperatura de fusão do gelo. A diminuição da temperatura de fusão é muito pequena. Um aumento de pressão de 1000 atmosferas, mais de uma tonelada por centímetro quadrado, faria baixar a temperatura de fusão de apenas  $5,7^{\circ}\text{C}$ .

Para mostrar a redução da temperatura de fusão pela pressão, podemos reproduzir a experiência de Tyndall (Figura 45). Um bloco de gelo em uma temperatura abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$  é atravessado por um fio metálico, tracionado por pesos colocados em suas extremidades e, apesar disso, o bloco continua inteiro. O que acontece é a fusão do gelo situado abaixo do fio numa temperatura menor que  $0^{\circ}\text{C}$  em virtude do aumento de pressão determinado pela ação do fio sobre o gelo. À medida que o fio vai atravessando o gelo, a água formada volta a solidificar (regelado) porque cessa o acréscimo de pressão produzido pelo fio.



**Figura 45 – A seqüência de imagens mostra um bloco de gelo que foi atravessado por um fio de arame fino e se mantém inteiro,**

### **3- Vaporização**

É a passagem da fase líquida para a fase gasosa. A mudança de fase em sentido inverso é chamada condensação ou liquefação. Conforme a maneira de se processar, a vaporização pode ser classificada como evaporação, ebulição ou calefação. Na evaporação, a mudança de fase ocorre apenas na superfície do líquido mediante um processo lento, podendo ocorrer a qualquer temperatura. A ebulição é a vaporização turbulenta, com formação de bolhas de vapor em toda massa do líquido e a uma temperatura fixa que depende da pressão. Essa temperatura é chamada de temperatura de ebulição. A calefação é a vaporização que ocorre quando um líquido é derramado sobre uma superfície aquecida a uma temperatura muito maior que à temperatura de ebulição do líquido.

#### **a – Por que os líquidos evaporam?**

As moléculas de um líquido apresentam energias cinéticas diferentes e, portanto, mesmo para temperaturas inferiores à temperatura de ebulição, algumas moléculas têm energia suficiente para escapar da fase líquida e passar para a fase de vapor.



Ponha um pouco de água num recipiente e deixe-o exposto ao ambiente por um dia. Suas moléculas se movem desordenadamente, chocando-se umas com as outras. Como algumas das moléculas se movem mais rapidamente que as outras (maior energia cinética), podem então vencer a camada superficial da água e escapar. A água aos poucos evapora, isto é, transforma-se em vapor.

As moléculas do álcool (ou da gasolina) se atraem umas às outras com uma força menor que as da água, e sua camada superficial é mais fraca. Por isso o álcool (ou gasolina) evapora mais rapidamente. Os líquidos que evaporam rapidamente são chamados voláteis.

**Provocação 14- *Por que uma pizza forma uma camada de queijo bem derretido, com pontos levemente dourados se for coberta com queijo comum e o mesmo não acontece se for coberta com queijo sem gordura*<sup>24</sup>?**

Uma pizza é assada por condução a partir da forma quente, pela irradiação infravermelha proveniente do forno aquecido e pela convecção do ar quente existente na sua superfície. Enquanto a energia térmica é transferida gradualmente para o interior, espera-se que o queijo derreta de maneira uniforme na parte de cima e fique levemente dourado. O dourado acontece nos pontos em que se formam bolhas no queijo, ou seja, nos pontos em que a água evapora para formar bolhas de vapor dentro do queijo. Quando o crescimento das bolhas faz a parte superior ficar mais fina, essa parte pode absorver energia térmica suficiente para dourar.

Quando a pizza é coberta com queijo sem gordura, a água evapora do queijo depressa demais e as fatias de queijo não derretem, apenas queimam. Para conseguir deixar o queijo magro dourado é necessário borrifar óleo antes de assar. A camada de óleo retarda a evaporação da água do queijo, o que possibilita que ele derreta e fique dourado.

#### **b – Pressão de vapor.**

Quando um líquido evapora de um recipiente aberto, algumas das moléculas do vapor colidem com outras ou com moléculas de ar, retornando a massa líquida (a maioria, porém se perde).

Se tamparmos o recipiente, o vapor se acumulará no espaço entre a superfície livre do líquido e a tampa. No início, o número de moléculas que evapora é maior do que o número de moléculas que condensam. Mas, pouco a pouco, à medida que aumenta o número de

---

<sup>24</sup> Extraído de Walker, p. 202, 2008.

moléculas já vaporizadas, maior é o número de colisões contra a superfície livre do líquido, e num mesmo intervalo de tempo, maior é o número de moléculas que retornam para a fase líquida. O número de moléculas que voltam para o líquido (condensadas) aumentará até que a proporção das moléculas que evaporam seja igual à proporção das moléculas que condensam. Assim a quantidade de vapor será constante e nós dizemos que o vapor está saturado. *Um espaço está saturado de vapor quando ele contém a maior quantidade de vapor possível para aquela temperatura.*

Observe que o equilíbrio alcançado é dinâmico: o número de moléculas presente na fase de vapor não se modifica mais (enquanto a temperatura permanecer constante), mas isso não quer dizer que as moléculas em questão sejam sempre as mesmas.

**A pressão máxima de vapor de um líquido só depende da natureza do líquido e da temperatura** (lei fundamental da pressão de vapor).

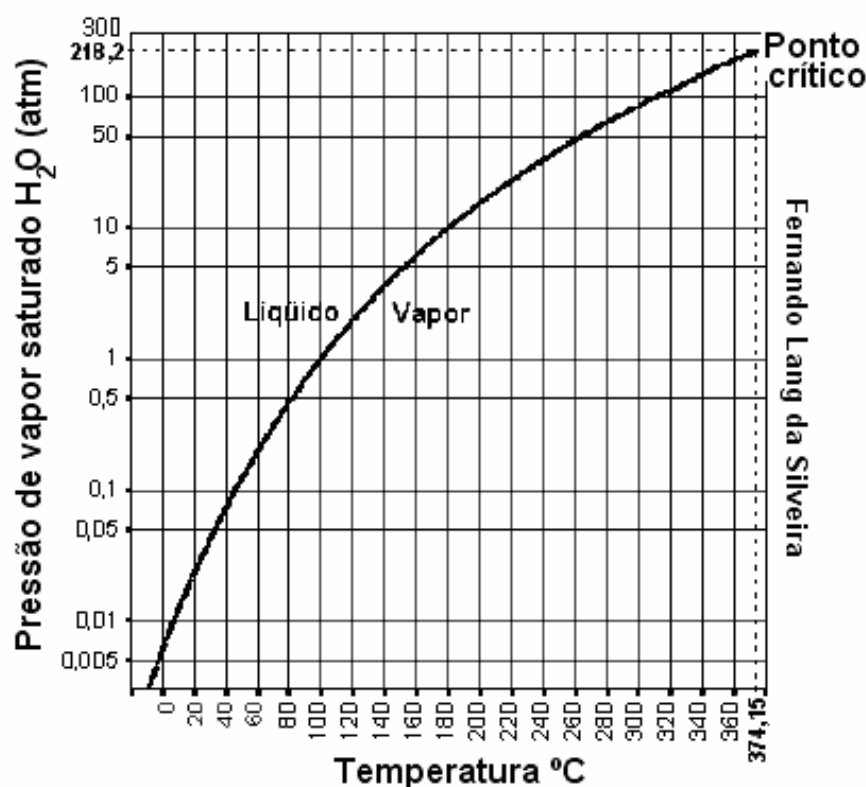


Figura 46 - Pressão de vapor saturado da água em função da temperatura.

### c – Variação da pressão de vapor com a temperatura.

Quando a temperatura de um líquido aumenta, suas moléculas se movem com maior velocidade (energia cinética). Elas então evaporam mais rapidamente e o vapor no recipiente fica mais denso. Ocorre um aumento no número de colisões das moléculas do vapor com as

paredes do recipiente. *A pressão de vapor de um volume saturado aumenta com a temperatura.* O gráfico da figura 46 representa a pressão de vapor saturado da água em função da temperatura.

A  $10^{\circ}\text{C}$  a pressão de vapor da água no ar saturado com água é de cerca de 2 centímetros de mercúrio. A  $80^{\circ}\text{C}$  ela é de 35 centímetros de mercúrio e a  $100^{\circ}\text{C}$  é de 76 centímetros de mercúrio, isto é, uma atmosfera padrão.

#### **d – Temperatura de ebulição.**

A ebulição é a vaporização turbulenta que se processa a uma temperatura determinada, em qualquer parte da massa do líquido, acompanhada de intensa formação de bolhas.

Quando colocamos um recipiente com água no fogo, a energia absorvida na forma de calor faz as moléculas de água moverem-se mais rapidamente, de modo que a temperatura da água aumenta. Após algum tempo a água começa a ferver, as bolhas de vapor formadas no seu interior sobem para a superfície e a temperatura permanece constante. Se aumentarmos o fogo, a água ferverá mais rapidamente, porém sua temperatura não *aumentará*. Após começar a ebulição, a temperatura permanece constante e por esse motivo não se deve aumentar o gás para cozinhar os alimentos mais rapidamente, isso é desperdício de gás. O tempo de cozimento dos alimentos depende da temperatura em que a água ferve e não da intensidade da ebulição.

A água em ebulição (Figura 47) forma bolhas porque a pressão do vapor da água é igual à pressão na superfície do líquido. Se aquela pressão fosse menor, as bolhas não se formariam. A temperatura de ebulição de um líquido é a *temperatura para a qual a sua pressão máxima de vapor é igual à pressão sobre o líquido.*

Líquidos que se evaporam rapidamente à temperatura ambiente têm ponto de ebulição baixo. À pressão atmosférica normal (1 atm), a água ferve a  $100^{\circ}\text{C}$ , o álcool etílico a  $78,5^{\circ}\text{C}$  e o hélio a  $-269^{\circ}\text{C}$ , isto é, quase 4 graus acima do zero absoluto. A condição para a ebulição é que a pressão de vapor saturado seja igual à pressão onde acontece a ebulição.



Figura 47 – Água em ebulição sob pressão normal.

#### e – Leis da ebulição (condensação).

**1º Lei** – Sob determinada pressão, a ebulição (condensação) de uma substância pura sempre se processa à mesma temperatura (temperatura de ebulição).

**2º Lei** – Se a pressão permanecer constante durante a ebulição (condensação), a temperatura também permanecerá constante.

#### f – Descrição do fenômeno da ebulição.

Quando se aquece a água contida em um recipiente, vê-se a princípio se desprenderem finíssimas bolhas é o ar dissolvido que se desprende. Aumentando-se a temperatura aparecem, no fundo, bolhas maiores que sobem diminuindo de volume e desaparecendo antes de atingir a superfície, são **bolhas de vapor** que se resfriam encontrando camadas menos quentes e se condensam com um ruído especial chamado *canto do líquido* (Walker, p. 200, 2008). Quando toda massa de água está bastante quente, as bolhas formadas no fundo ou nas paredes do recipiente não se condensam mais e aumentam de volume ao elevar-se, porque a coluna líquida que elas suportam, diminui à medida que elas sobem e se desfazem na superfície.

#### Provocação 15- Por que o milho de pipoca estoura<sup>25</sup>?

O grão de milho de pipoca apresenta um pequeno recipiente fechado, chamado pericarpo, que contém amido e água. Quando o milho é aquecido, parte da água vaporiza e parte continua na fase líquida. Como o vapor não pode escapar, a pressão aumenta e, em consequência, aumenta a temperatura de ebulição da água restante. Quando a água chega a

<sup>25</sup> Extraído de Walker, p. 203, 2008.

cerca de 180 °C a pressão é aproximadamente 8 vezes maior que a pressão atmosférica, por consequência o pericarpo se rompe e a pressão volta para o valor normal. Assim, o amido quente e fundido aumenta consideravelmente de volume.

### **g – Influência da pressão na temperatura de ebulição**

À pressão normal, 1 atm, a água ferve a 100<sup>0</sup>C. Suponha que a pressão fique maior que uma atmosfera. A água então deve ser aquecida até uma temperatura superior a 100<sup>0</sup>C, antes que a sua pressão de vapor saturado iguale à pressão na superfície e a água ferva.

As panelas de pressão são fechadas com segurança, de modo que a pressão nelas pode chegar até 2 atm. A temperatura numa panela de pressão é de cerca de 120<sup>0</sup>C e os alimentos podem ser cozidos mais rapidamente que numa panela aberta. Diminuindo a pressão em um recipiente, ocorre uma diminuição na temperatura de ebulição da água. Na cidade de Campos de Jordão-SP, a 1600 metros acima do nível do mar, a pressão atmosférica é de 15 centímetros de mercúrio menor que ao nível do mar, e a água ferve a 95<sup>0</sup>C.

A influência da pressão sobre a temperatura de ebulição é muito maior do que sobre a temperatura de fusão, pois a variação de volume observada é bem maior. Só para comparar: um litro de água fornece pouco mais de um litro de gelo, mas cerca de 1 000 litros de vapor. Por isso, sob pressão de 16 atm, a água só entrará em ebulição a 200 °C, mas para fazer o gelo fundir a – 10 °C precisamos exercer uma pressão maior que 1 000 atm.

A panela de pressão foi criada por Denis Papin (1647-1712), cientista francês, em 1679. Papin descobriu que os alimentos podiam ser cozidos mais rapidamente em temperaturas superiores a 100 °C.

A água ferve normalmente a 100° C, ao nível do mar e num recipiente aberto. Qualquer que seja o tempo que a água demore a ferver, nessas condições, a temperatura durante a ebulição continuará constante. Se você mantiver alta a chama de gás depois que a água já estiver fervendo, estará apenas desperdiçando gás. O tempo de cozimento do alimento não se altera. O excesso de energia fornecido com a chama alta apenas fará a água vaporizar mais rapidamente, ou seja, fará o caldo secar mais rápido. É possível, entretanto, manter a água líquida a temperaturas maiores que 100° C, aumentando a pressão. É o que fazem as panelas de pressão. Nessas panelas, em vez de ferver a 100° C, a água e o vapor atingem temperaturas mais altas, cerca de 120° C. Evidentemente os alimentos cozinham muito mais depressa. Como o vapor exerce uma pressão considerável, as panelas possuem válvulas de segurança que funcionam quando a pressão atingir um ponto crítico.

O aumento da pressão faz com que a água no interior da panela entre em ebulição a uma temperatura acima de 100° C. A pressão do vapor d'água, porém, aumenta até certo limite. Superado esse limite, ela se torna suficientemente elevada para que o vapor levante o pino da válvula central e comece a sair da panela. A partir desse momento a pressão do vapor se estabiliza porque é controlada pelo escapamento do vapor através da válvula. Em consequência, a temperatura no interior da panela também não aumenta mais.

A grande vantagem da panela de pressão é permitir o cozimento dos alimentos cerca de três vezes mais rápido que nas panelas comuns (tabela 3).

**Tabela 3- Tempo médio de cozimento em minutos.**

<b>Alimento</b>	<b>Panela de pressão</b>	<b>Panela comum</b>
Batata	8 min	25 min
Cenoura	9 min	27 min
Beterraba	20 min	60 min
Feijão preto	29 min	90 min
Bife enrolado	21 min	60 min

#### **h – Frio produzido pela evaporação.**

A água em um recipiente aberto acabará evaporando, ou seja, secando se o ambiente em torno não estiver saturado de vapor d'água. A água líquida que desaparece transforma-se em vapor na atmosfera. A evaporação é uma mudança da fase líquida para a fase gasosa que ocorre na superfície do líquido e à temperatura ambiente.

A temperatura de qualquer substância está relacionada à energia cinética das moléculas. No líquido, as moléculas não têm, todas elas, a mesma energia cinética. Portanto, mesmo para temperaturas inferiores à de ebulição, algumas moléculas têm energia suficiente para escapar da fase líquida e passar para a fase de vapor. Essa análise permite entender por que, durante a evaporação, a temperatura do líquido residual vai diminuindo: as moléculas que permanecem na fase líquida são as de menor energia cinética. Logo, a energia cinética média das moléculas vai diminuindo e, conseqüentemente, a temperatura.

As pessoas transpiram e quanto maior o grau de atividade física, maior a transpiração. Por que as pessoas transpiram? A transpiração tem alguma utilidade?

Quando o suor é liberado pelas glândulas sudoríparas e chega à pele, a água do suor evapora, isto é, transforma-se em vapor d'água. Por isso tem que absorver do corpo uma quantidade de energia na forma de calor. Em outras palavras, a evaporação do suor na pele

funciona como um mecanismo de refrigeração que impede que a temperatura do corpo suba demais.

Muitos animais de sangue quente têm sistemas deficientes de controle da temperatura. Os cachorros, por exemplo, só possuem glândulas sudoríparas entre os dedos e respiram rapidamente pela boca, de modo que a corrente de ar auxilie a evaporação da água de sua língua. Os porcos se refrescam revolvendo-se na lama.

Sapos, peixes, serpentes e outros animais “de sangue frio” não têm controle de temperatura. Suas temperaturas são bem próximas à temperatura ambiente.

Nos hospitais, os pacientes com febre alta às vezes recebem compressas embebidas em álcool. Como a água possui um calor latente de vaporização maior que o do álcool, absorve mais energia na forma de calor por grama que o álcool; entretanto, o álcool evapora muito mais depressa e, portanto, diminui mais rapidamente a temperatura do corpo.

## **i - Experiência Simples**

**1º- Objetivo:** mostrar que um líquido, quando se evapora, absorve calor do próprio líquido e do ambiente, e esfria.

### **2º- Material:**

Álcool

Termômetro

Ventilador

### **3º- Procedimento**

- Coloque um pouco de álcool na mão e movimente-a rapidamente (ou sopra sobre a mão). O álcool, para evaporar, absorve calor e, portanto, na mão sentimos frio.
- Relacione esse fenômeno com o frio que sentimos ao sair do banho na piscina, no rio etc.
- Observe que a sensação de frio é maior quando há vento, porque este favorece a evaporação.
- Caso disponha de um termômetro que não seja clínico, observe a sua temperatura, molhe-o em álcool e agite-o.
- Observe de novo a temperatura e explique o que observou.

#### 4 – Leis da calefação.

**1º Lei:** Durante a calefação o líquido não entra em contato com a superfície aquecida.

Durante a calefação o líquido se divide em esferóides que executam um movimento rápido e desordenado à proporção que diminuem de volume e emitem um chiado característico. A ausência de contato é explicada pela vaporização rápida e intensa das gotas do líquido do lado mais próximo da superfície aquecida. O colchão de vapor que assim se forma impede o contato das gotículas com essa superfície.

Para identificarmos se um ferro de passar roupa está quente, molhamos o dedo na saliva e, em seguida, tocamos o ferro. O dedo não queima porque o fenômeno de calefação impede o contato entre ele e o ferro.

**2º Lei:** A temperatura do líquido no interior dos esferóides é inferior à sua temperatura de ebulição.

#### 5 – Sublimação.

É a passagem direta de uma substância do estado sólido para o de vapor, ou vice-versa.

As bolas de naftalina colocadas em um armário para matar traças, vão aos poucos diminuindo de tamanho até desaparecer. O naftaleno (substância de que são formadas essas bolas) aos poucos *sublima*. Com o gelo seco (dióxido de carbono congelado) usado nas carrocinhas de sorvete, o fenômeno também é observado. Coloque uma moeda sobre um bloco de gelo seco. O vapor que escapa do gelo desloca a moeda fazendo-a saltitar irregularmente. O iodo, a cânfora e outros poucos sólidos sublimam como o naftaleno. As moléculas da maioria dos sólidos, no entanto, se atraem tão fortemente que não podem escapar facilmente.

A pressão máxima de vapor de um sólido (pressão de vapor saturado), tal como a de um líquido, só depende da natureza da substância e da temperatura, sendo independente da massa do sólido, do volume ocupado pelo vapor e da presença de outras substâncias gasosas. A pressão máxima de vapor de um sólido, assim como o de um líquido, aumenta com a temperatura.



## VII – Para Saber Mais

### 1- Interações entre moléculas

#### 1.1- De que é feita a matéria?

A busca incessante do homem para responder essa pergunta tem levado filósofos e pesquisadores, cada um em sua época a buscar a constituição mais íntima da matéria. Os filósofos valem-se apenas da especulação filosófica e da razão pura; e os pesquisadores, dos conhecimentos científicos acumulados e dos avanços tecnológicos.

Suponha que você pudesse quebrar um grão de sal em pedaços cada vez menores. Se você pudesse repetir a operação milhões de vezes, você finalmente chegaria à menor porção possível de sal, uma partícula de comprimento de ordem de alguns centésimos de milionésimo de centímetro. Nós a chamamos de molécula. As moléculas são constituídas de partículas menores chamadas *átomos*. A molécula de sal contém um átomo de cloro e um átomo de sódio (NaCl). O cloro e o sódio, isoladamente, são bem diferentes do sal de cozinha, pois ambos são substâncias venenosas. *A molécula é a menor porção de uma substância que mantém as suas propriedades*. Os químicos podem combinar os átomos de vários modos para formar moléculas, mas os próprios átomos não podem ser grandemente alterados por processos químicos.

As moléculas são tão pequenas que se você colocasse bilhões delas lado a lado você formaria uma coluna de apenas um centímetro, ou menos, de comprimento.

A teoria atômica teve origem numa teoria filosófica desenvolvida por um grupo de filósofos gregos. Demócrito (460-370 a.C.), que fazia parte desse grupo, sustentou então que toda a matéria é composta por partículas muito pequenas e indivisíveis que designou por átomos (do grego, indivisível). Essa teoria, apesar de não ter sido aceita por outros filósofos, como Platão e Aristóteles, não foi esquecida e os primeiros estudos experimentais da matéria conferiram alguma credibilidade ao então designado atomismo.

Contudo, foi apenas em 1808 que John Dalton (1766-1844) definiu o átomo (Figura 48). A teoria atômica de Dalton, que marcou o início da era moderna da ciência, se sustentava nas seguintes hipóteses:

- a matéria é formada por partículas muito pequenas designadas por átomos;
- todos os átomos de um mesmo elemento são iguais e apresentam o mesmo tamanho, a mesma massa e as propriedades químicas semelhantes;
- átomos de elementos diferentes são diferentes e apresentam massas diferentes;

- os compostos são formados por átomos de dois ou mais elementos e a razão entre os números de átomos desses elementos é um número inteiro ou uma fração simples;
- todas as reações químicas resultam de combinações de átomos que permanecem imutáveis durante as mesmas, sem se poderem destruir ou criar.

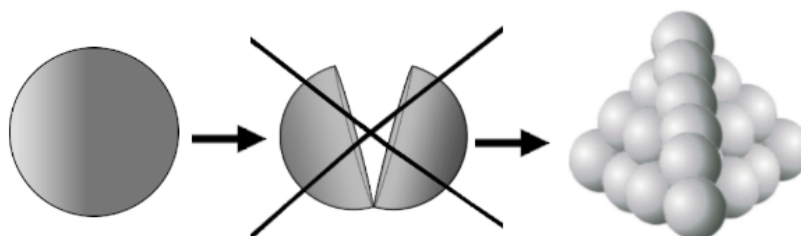


Figura 48 - Átomo de Dalton - uma esfera maciça.

Hoje sabemos que os átomos resultam da combinação de módulos ainda menores: os *elétrons* e os *quarks*. As propriedades dessas partículas não serão tratadas neste trabalho.

## 1.2- Fases da matéria.

As moléculas estão submetidas a duas diferentes influências: a força de coesão, que tende a mantê-las ligadas, e o movimento de agitação térmica, que tende a distanciá-las umas das outras.

Se, em uma substância, o efeito da força de coesão é predominante em relação à energia cinética média das moléculas, essas partículas permanecem ligadas, limitando-se a oscilar em torno de suas posições de equilíbrio. Um corpo assim constituído não pode mudar de forma espontaneamente e é chamado de um corpo sólido.

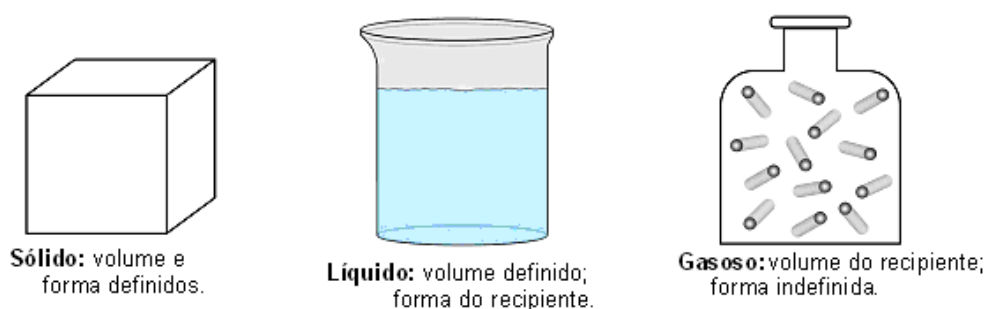
Em outros casos, a agitação das moléculas é mais intensa, superando ligeiramente o efeito da força de coesão. Quando isso ocorre, as moléculas conseguem deslizar umas sobre as outras sem que a distância intermolecular varie muito. Uma substância que se apresenta nessas condições é considerada líquida. Os líquidos não têm forma própria, mas assumem a forma do recipiente que os contém.

Se a energia de agitação térmica das moléculas for grande a ponto de superar completamente o efeito das forças de atração, as moléculas poderão se mover livremente, vagando por todo o espaço disponível em movimento desordenado. Uma substância nessas condições é considerada na fase gasosa, não tendo forma nem volume próprios.

Assim sendo, a matéria pode se encontrar em três diferentes fases (Figura 49): sólido, líquido e gasoso. O estado de agregação de um corpo depende da relação entre os efeitos da atração entre as moléculas e do movimento de agitação térmica.

Em termos mais precisos, os corpos sólidos apresentam uma estrutura cristalina. Nos cristais as partículas se agrupam regularmente no espaço, formando uma estrutura em forma de rede: é a chamada rede cristalina. Cada partícula dessa rede cristalina pode oscilar em torno da sua posição de equilíbrio, mas não pode sofrer translação.

Em um sólido cristalino, cada molécula está fortemente ligada à sua vizinha. Ela pode vibrar, mas não pode deslocar-se livremente. Se vocês esticar uma mola de aço e a soltar, ela voltará à forma e ao tamanho iniciais. *Um sólido tem forma e volume definidos.*



**Figura 49 - As três fases da matéria.**

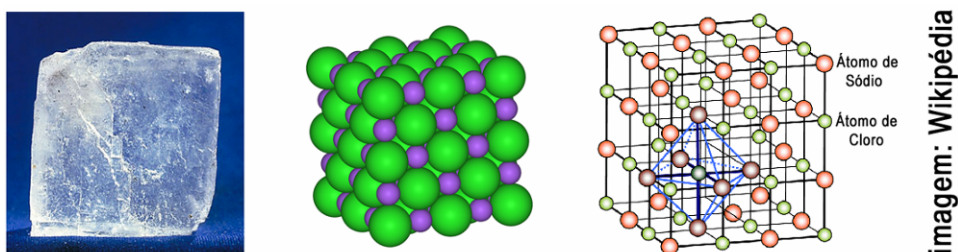
Algumas substâncias macroscopicamente sólidas como o vidro e o asfalto não apresentam estrutura cristalina e isso se manifesta de modo bastante claro durante a fusão. Os sólidos cristalinos fundem-se bruscamente a uma temperatura determinada, que se mantém constante (se a pressão permanecer constante) até que a mudança de fase se complete, como veremos posteriormente. Essa temperatura de fusão é uma característica da substância. As ligações entre as moléculas são rompidas à mesma temperatura porque as distâncias entre as moléculas contíguas são regulares. Os sólidos amorfos (não cristalinos) vão amolecendo gradativamente durante a fusão, tornando-se pastosos e cada vez mais fluidos até se fundirem completamente, sem que se possa precisar a temperatura de fusão, pois durante a fusão a temperatura vai aumentando. A razão do amolecimento gradual na chamada fusão pastosa é explicada admitindo-se que as ligações mais fracas (entre as moléculas mais distantes) vão se rompendo a temperaturas mais baixas que as ligações mais fortes (entre as moléculas mais próximas). Os sólidos amorfos se comportam mais como líquidos de viscosidade muito alta do que propriamente como sólidos.

### 1.3- O que é um cristal?

Se você pudesse ampliar a maioria dos materiais sólidos a ponto de ver as partículas que os compõem, observaria que essas se arrumam de uma forma muito organizada. Essa organização assemelha-se a uma rede em três dimensões que se repete em todo o material. Ela

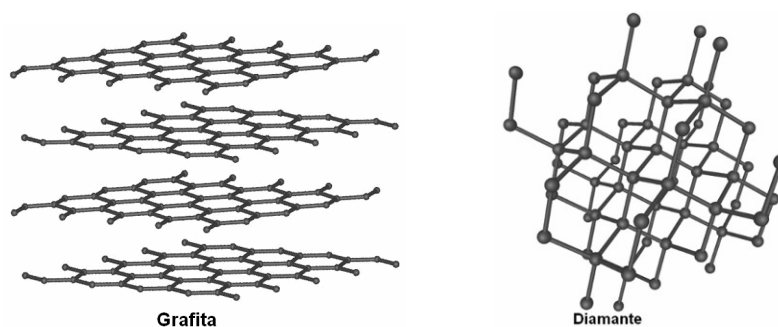
é chamada de **estrutura cristalina**. Uma estrutura cristalina é uma forma ordenada de arranjo de átomos e moléculas.

Na maioria dos sólidos os átomos são dispostos em figuras regulares, formando então *os cristais*. Usam-se os raios X para estudar os cristais e verificar como os átomos ou moléculas estão dispostos neles. Se examinarmos um pouco de sal de cozinha com uma lupa (lente de aumento) verificaremos que ele é um pequeno cubo. Algumas vezes encontramos cristais de sal bem maiores. Seja o cristal pequeno ou grande, ele tende sempre a ser de forma perfeitamente cúbica. Os átomos de cloro e de sódio são arrumados nos vértices de pequenos cubos e em conjunto eles formam o cristal (Figura 50). Na mica ou malacacheta, os átomos estão dispostos em camadas um pouco distantes umas das outras de modo que elas não se atraem fortemente. Por isso você pode separar a mica em finas folhas.



**Figura 50 - Estrutura cristalina do sal de cozinha - cloreto de sódio.**

A dureza de uma substância feita de cristais depende do arranjo dos átomos nos mesmos. A grafita é carbono puro e é escorregadia como óleo. Os átomos em cada cristal estão arrumados em camadas tão fragilmente ligadas que elas deslizam facilmente uma sobre as outras (Figura 51-a). O diamante também é carbono puro e a sua estrutura é tão perfeita e simétrica, e ocorrem tantas repetições no material, que o diamante, uma das substâncias mais dura do planeta, possui a forma de sua estrutura cristalina (Figura 51-b).



**Figura 51-a**

**Figura 51-b**

Os cristais de sal de cozinha são tão grandes que você os pode ver facilmente, mas usualmente os cristais são muito pequenos como no ferro, cobre e gelo. Se você congelar o sorvete lentamente, sem batê-lo, grandes cristais de gelo se formarão nele e a mistura será

dura e quebradiça. Se você congelá-lo rapidamente, batendo-o, os cristais serão menores e o sorvete ficará macio. Na década de 20 um engenheiro norte-americano chamado Clarence Birdseye, que vivia no norte do Canadá, observou que o peixe recém pescado, congelado rapidamente pelo rigor do inverno, mantinha seu gosto por muitas semanas e tinha o sabor de peixe fresco. Voltando aos Estados Unidos, ele iniciou a prática do rápido congelamento para a conservação dos alimentos, criando assim uma enorme indústria. Ele congelava rapidamente morangos e outras frutas no verão de modo a mantê-los frescos. O congelamento rápido dos alimentos preserva o seu sabor porque não são formados grandes cristais e as paredes das células não são rompidas.

#### **1.4- Aspectos Macroscópicos e Microscópicos**

O estudo macroscópico restringe-se aos aspectos gerais do sistema, ou seja, ao volume ocupado, a sua cor, a sua temperatura e a outras grandezas físicas que podem ser percebidas pelos nossos sentidos. Muitas vezes para uma compreensão mais profunda do fenômeno necessitamos de um modelo conceitual que nos permita imaginar como são construídos os materiais, como eles se diferenciam entre si e que alterações ocorrem no seu interior durante os processos térmicos. Esse é o modelo microscópico.

A teoria cinético-molecular da constituição da matéria baseia-se em três pressupostos fundamentais:

- 1º - todas as substâncias são constituídas de moléculas que representam a menor parte da matéria capaz de conservar as mesmas propriedades químicas;
- 2º - tais moléculas estão em movimento contínuo e desordenado;
- 3º - à curta distância (distância da ordem do tamanho das moléculas), as moléculas interagem entre si.

Com base nesses pressupostos é possível fazer uma interpretação microscópica da matéria.

Os dois aspectos complementam-se na terminologia fornecendo, do mesmo fenômeno, uma compreensão mais detalhada e profunda. Por exemplo: a noção de temperatura baseada na sensação de quente e frio sugerida pelos nossos sentidos (noção macroscópica) complementa-se quando consideramos o movimento molecular e entendemos a temperatura a partir desse movimento (aspecto microscópico).

## 2 – Equilíbrio meta-estáveis.

### 2.1 – Superfusão ou sobrefusão

Tomando certas preocupações, podemos resfriar um líquido abaixo de sua temperatura de solidificação sem que ele passe ao estado sólido. É o fenômeno de *superfusão* (ou *sobrefusão*). Ele é explicado admitindo que o líquido *superfundido* se encontra em um estado de equilíbrio meta-estável. Essa explicação é justificada pelo fato de qualquer abalo, por vezes imperceptível, produzir a solidificação brusca do líquido superfundido. A introdução no sistema de um pequeno cristal da substância para servir de núcleo de solidificação já é suficiente para romper o equilíbrio e produzir solidificação.

Quando o líquido superfundido se solidifica (na maioria das vezes parcialmente) a sua temperatura sobe até atingir a temperatura de solidificação.

#### OBSERVAÇÕES:

1<sup>a</sup>) Para se obter o fenômeno da superfusão devemos tomar uma série de cuidados: o recipiente que contém o líquido deve estar perfeitamente limpo, o líquido deve ser filtrado para eliminar partículas sólidas que venham a servir de núcleos de solidificação, o resfriamento deve ser feito muito lentamente e qualquer abalo deve ser evitado.

2<sup>a</sup>) Trabalhando com tubos capilares é muito mais fácil obter o fenômeno de superfusão. Isso explica a existência de vegetais em regiões onde a temperatura cai abaixo de 0 °C. Se a seiva se congelasse o vegetal seria destruído. (Lembre-se de que a água, ao congelar, aumenta de volume).

A primeira fotografia da Figura 52 registra o tiosulfato em estado de superfusão a 37 °C e cerca de meio minuto depois, a segunda fotografia da Figura 52 registra a substância parcialmente cristalizada, sendo a temperatura 47°C. A explicação para a rápida ascensão da temperatura de 37 °C para 47 °C encontra-se no fato de que a parcela da substância que cristalizou teve que liberar energia, aquecendo toda a massa dentro do tubo (Silveira, 2008).



Autor: Fernando Lang da Silveira

Figura 52 - Tiosulfato de sódio em estado de superfusão a 37°C e cerca de meio minuto depois, parcialmente cristalizado a 47°C.

## 2.2 - Superaquecimento

É o fenômeno pelo qual um líquido aquecido ultrapassa a sua temperatura de ebulição, sem ferver.

A presença de gases dissolvidos em um líquido facilita muito a ebulição. Se fervermos um líquido (para expulsar o ar dissolvido), deixarmos esfriar e depois, novamente o aquecermos, veremos que a ebulição se torna muito mais fácil e irregular. O líquido superaquecido entra em ebulição de maneira violenta, havendo o arraste de porções do líquido pela grande quantidade de vapor que, de repente, se desprende.

O fenômeno do superaquecimento, indesejável nas destilações industriais e de laboratório, pode ser facilmente evitado adicionando ao líquido a ser destilado pedaços de materiais sólidos porosos (pedra-pomes, porcelana, etc.). O ar contido em seus poros é suficiente para iniciar a ebulição em sua temperatura própria, e mantê-la em ritmo regular.



Autor: Fernando Lang da Silveira

Figura 53 – A figura mostra café superaquecido no forno de microondas. A temperatura é superior ao ponto de ebulição do líquido embora ele não esteja fervendo. Quando uma colher é introduzida no recipiente contendo café superaquecido, ele irrompe em intensa ebulição, produzindo muita espuma.



Autor: Fernando Lang da Silveira

**Figura 54 – A Foto mostra a água superaquecida no forno de microondas, isto é, 6° C acima do seu ponto de ebulição sem ferver. Quando a água superaquecida é perturbada (neste caso jogou-se uma colher para dentro do recipiente), irrompe em intensa ebulição.**



**Bibliografia**

- BRANLY, Édouard. *Curso Elementar de Physica*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1945.
- GONÇALVES, Dalton. *Física*. Rio de Janeiro: Ao livro Técnico, 1979.
- FEYNMAN, R; LEIGTON, R; SANDS, M. *Lições de Física*. Porto Alegre: Bookman, 2008. V.1
- GALILEI, Galileu. **O ensaiador**. São Paulo: [s.n.], 1996. (Coleção Os Pensadores).
- GASPAR, A. *Física: Ondas, Óptica e Termodinâmica*. São Paulo: Ática, 2002.
- LEMOINE, J; GUYOT J. *Curso de Física*. Porto Alegre: Globo, 1948.
- KLEIBER, J. *Física II*. Porto Alegre: Globo, 1941.
- MAIZTEGUI, A; SABATO, J. *Física I*. Porto Alegre: Globo, 1973.
- MOREIRA, M.A. *Energia, Entropia e Irreversibilidade*. Porto Alegre: Instituto de Física/UFRGS, 1998.
- HEWITT, Paul G. *Física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- ROSMORDUC, J. *Uma história da física e da química: de Tales a Einstein*. Rio de Janeiro: Zahar, 1988.
- SCHURMANN, Paul F. *História de la Física*. Buenos Aires: Nova, 1945.
- SILVEIRA, Fernando L. *Transições de Fase e Experimentos com estados Metaestáveis*. Disponível em: [www.if.ufrgs.br/~lang/superraquecimento\\_superfusão.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/superraquecimento_superfusão.pdf). Acessado 20/05/08.
- TREFIL, J; HAZEN, R. *Física Viva*. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- WALKER, J. *O Circo Voador da Física*. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

**Apêndice 2 – Planejamento do curso**

		<b>ASSUNTO</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>PROCEDIMENTOS</b>
<b>1º encontro</b>	1º	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da proposta do curso.</li> </ul>	- Apresentar a proposta do curso.	- Exposição oral da proposta.
	2º	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teste de concepções alternativas.</li> </ul>	- Identificar as concepções alternativas dos alunos.	- Aplicação do teste inicial.
	3º	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar o princípio da conservação da energia.</li> <li>- Reconhecer as três formas fundamentais de energia.</li> <li>- Identificar as diferentes fontes de energia.</li> <li>- Diferenciar fontes de energia renováveis e não renováveis.</li> <li>- Identificar processos de transformação de energia</li> <li>- Analisar a teoria do calórico e identificar o seu emprego nas concepções alternativas.</li> <li>- Revisar o conceito de calor como forma de energia em movimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problematização inicial onde são discutidas situações que servem de motivação.</li> <li>- Organização do conteúdo para que o aluno perceba as outras visões para as situações problematizadas através de apresentação de slide em PowerPoint, vídeo e execução de experimentos.</li> <li>- Apresentação de um vídeo mostrando o funcionamento das usinas nucleares e de um protótipo de uma usina que aproveita a energia das ondas do mar.</li> <li>- Discussão das situações iniciais que determinam o estudo e de como outras situações</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar o conceito de energia interna.</li> <li>- Analisar alguns erros dos livros didáticos das séries iniciais do Ensino Fundamental.</li> <li>- Analisar os livros didáticos que estão usando no estágio em busca de erros conceituais sobre energia e calor.</li> </ul>	que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.
<b>2º encontro</b>	1º	• Temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecer a temperatura como uma grandeza primitiva.</li> <li>- Identificar que as sensações táteis fornecem a primeira ideia de temperatura.</li> <li>- Analisar temperatura do ponto de vista microscópico.</li> <li>- Analisar o significado do zero absoluto.</li> <li>- Analisar o significado físico do equilíbrio térmico.</li> <li>- Analisar o funcionamento dos termoscópios e dos termômetros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problematização inicial onde são discutidas situações que servem de motivação.</li> <li>- Organização do conteúdo para que o aluno perceba as outras visões para as situações problematizadas através de apresentação de slide em PowerPoint e execução de experimentos.</li> <li>- Construir termoscópios e termômetros.</li> <li>- Construir uma lâmina bimetálica usando cartolina e papel alumínio (embalagem de leite).</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar e analisar os efeitos da dilatação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir dispositivos que permitam analisar as</li> </ul>

	2º	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dilatação térmica.</li> </ul>	<p>térmica no dia a dia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analisar o funcionamento de uma lâmina bimetálica.</li> <li>- Identificar e analisar as diferenças entre as dilatações linear, superficial e volumétrica.</li> <li>- Analisar a dilatação dos líquidos.</li> </ul>	<p>dilatações linear, superficial e volumétrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discussão das situações iniciais que determinam o estudo e de como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.</li> </ul>
<b>3º encontro</b>	1º	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calor.</li> <li>• Energia interna.</li> <li>• Calor sensível.</li> <li>• Calor Latente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar os conceitos de calor e energia interna.</li> <li>- Analisar os efeitos do calor sensível.</li> <li>- Aplicar em situações do dia a dia as definições de calor específico e capacidade térmica.</li> <li>- Analisar os efeitos do calor latente procurando evidenciar que é possível absorver ou ceder calor sem variar a temperatura.</li> <li>- Reconhecer que é possível variar a temperatura de um corpo, sem que ele receba calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problematização inicial onde são discutidas situações que servem de motivação.</li> <li>- Organização do conteúdo para que o aluno perceba as outras visões para as situações problematizadas através de apresentação de slide em PowerPoint, vídeo e execução de experimentos.</li> <li>- Debater sobre alguns experimentos propostos nos livros didáticos.</li> <li>- Demonstrar o funcionamento de um aquecedor solar.</li> </ul>
	2º	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processos de transmissão de calor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferenciar os processos de transmissão de calor por condução, convecção e irradiação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação de partes do documentário Uma Verdade Inconveniente.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar os processos de transmissão de calor (cabos das panelas, refrigerador, brisas, iglus etc.).</li> <li>- Analisar o funcionamento de uma garrafa térmica.</li> <li>- Investigar alguns erros dos livros didáticos das séries iniciais do Ensino Fundamental.</li> <li>- Analisar o efeito estufa e a suas consequências para o planeta.</li> </ul>	<p>- Discussão das situações iniciais que determinam o estudo e de como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.</p>
<b>4º encontro</b>	1º	Mudança de Fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar as fases da matéria e as suas características.</li> <li>- Reconhecer as mudanças de fase.</li> <li>- Analisar as leis das mudanças de fase.</li> <li>- Analisar a influência da pressão na temperatura das mudanças de fase.</li> <li>- Analisar a influência da pressão no tempo de cozimento dos alimentos.</li> <li>- Interpretar o frio produzido pela evaporação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problematização inicial onde são discutidas situações que servem de motivação.</li> <li>- Organização do conteúdo para que o aluno perceba as outras visões para as situações problematizadas através de apresentação de slide em PowerPoint e execução de experimentos.</li> <li>- Discussão das situações iniciais que determinam o estudo e de como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo</li> </ul>

				conhecimento.
	2º	Teste Final.	- Avaliar o quanto os alunos transformaram suas concepções alternativas nas cientificamente aceitas.	- Aplicação do teste final.
	3º	Avaliação do curso.	- Avaliar o curso de formação.	- Entrevista sobre a participação, avaliação e sugestões.

## Anexo 1 – Teste sobre as concepções alternativas de Calor e Temperatura<sup>♦</sup>.

**NOME:** \_\_\_\_\_

**Instrução:** Este teste contém 23 questões de escolha múltipla com três alternativas de resposta, identificadas pelos algarismos romanos I, II e III. Como, em algumas questões, pode haver mais do que uma alternativa considerada correta, utilize a chave abaixo para assinalar a resposta na grade.

- A) Apenas a alternativa I é correta.
- B) Apenas a alternativa II é correta.
- C) Apenas a alternativa III é correta.
- D) As alternativas I e II são corretas.
- E) As alternativas I e III são corretas.
- F) As alternativas II e III são corretas.
- G) Todas as alternativas são corretas.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>01</b>							
<b>02</b>							
<b>03</b>							
<b>04</b>							
<b>05</b>							
<b>06</b>							
<b>07</b>							
<b>08</b>							
<b>09</b>							
<b>10</b>							
<b>11</b>							
<b>12</b>							
<b>13</b>							
<b>14</b>							
<b>15</b>							
<b>16</b>							
<b>17</b>							
<b>18</b>							
<b>19</b>							
<b>20</b>							
<b>21</b>							
<b>22</b>							
<b>23</b>							

<sup>♦</sup> SILVEIRA, F.L. e MOREIRA, M. A. Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 14(1), 75–86, 1996.

01. Associamos a existência de calor
- I) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
  - II) apenas àqueles corpos que se encontram "*quentes*".
  - III) a situações nas quais há, necessariamente, transferência de energia.
02. Para se admitir a existência de calor
- I) basta um único sistema (corpo).
  - II) são necessários, pelo menos, dois sistemas.
  - III) basta um único sistema, mas ele deve estar "*quente*".
03. Para se admitir a existência de calor deve haver
- I) uma diferença de temperaturas.
  - II) uma diferença de massas.
  - III) uma diferença de energias.
04. Calor é
- I) energia cinética das moléculas.
  - II) energia transmitida somente devido a uma diferença de temperaturas.
  - III) energia contida em um corpo.
05. No interior de um quarto que não tenha sido aquecido ou refrigerado durante vários dias,
- I) a temperatura dos objetos de metal é inferior à dos objetos de madeira.
  - II) a temperatura dos objetos de metal, das cobertas e dos demais objetos é a mesma.
  - III) nenhum objeto apresenta temperatura.
06. A água (a  $0^{\circ}\text{C}$ ) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a  $0^{\circ}\text{C}$ ), contém, em relação ao gelo,
- I) mais energia.
  - II) menos energia.
  - III) a mesma energia.
07. Dois cubos metálicos A e B são postos em contato. O cubo A está mais "*frio*" do que B. Ambos estão mais "*frios*" do que o ambiente em que se encontram, onde a temperatura é de  $20^{\circ}\text{C}$ . Após um longo tempo, sabendo-se que o ambiente continua a  $20^{\circ}\text{C}$ , a temperatura final de A e B será
- I) igual à temperatura ambiente.
  - II) igual à temperatura inicial de B.
  - III) uma média das temperaturas iniciais de A e B.
08. Duas pequenas placas A e B, de mesmo material e de mesma espessura, são colocadas no interior de um forno, o qual é fechado e ligado. A massa de A é o dobro da massa de B. Inicialmente as placas e o forno encontram-se todos à mesma temperatura. Se esperarmos um tempo suficientemente grande, a temperatura de A será
- I) o dobro da temperatura de B.
  - II) a metade da temperatura de B.
  - III) a mesma da temperatura de B.
09. Considere duas esferas idênticas, uma em um forno quente (a  $150^{\circ}\text{C}$ ) e a outra em um refrigerador (a  $-10^{\circ}\text{C}$ ). O que as diferencia imediatamente depois de retiradas do forno e da geladeira?
- I) A quantidade de calor contida em cada uma delas.
  - II) A temperatura em que cada uma delas se encontra.



III) Uma delas contém calor e a outra não.

10. Em dois copos idênticos contendo cada um 250 ml de água à temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , são colocados, respectivamente, um cubo de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  e três cubos de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  (cada cubo com aproximadamente 3 ml). Em que situação a água esfria mais?

- I) No copo onde são colocados três cubos de gelo.
- II) No copo onde é colocado um cubo de gelo.
- III) Esfria igualmente nos dois copos.

11. Duas esferas de mesmo material, porém de massas diferentes, ficam durante muito tempo em um forno a  $150^{\circ}\text{C}$ . Ao serem retiradas do forno, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- I) O calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- II) A esfera de maior massa contém mais calor do que a de menor massa.
- III) Não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

12. As mesmas esferas referidas na questão anterior são agora deixadas durante muito tempo em uma geladeira a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Ao serem retiradas da geladeira, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- I) O calor contido nas esferas foi removido.
- II) O calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- III) Não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

13. O que se modifica quando uma porção de água que já está fervendo passa, por ebulição, para o estado de vapor?

- I) A sua energia interna.
- II) O calor contido nela.
- III) A sua temperatura.

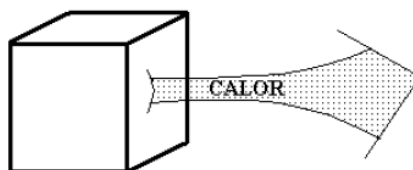
14. A energia interna de um corpo pode ser associada com

- I) calor.
- II) energia cinética de átomos e/ou moléculas.
- III) energia potencial de átomos e/ou moléculas.

15. Quando as extremidades de uma barra metálica estão a temperaturas diferentes,

- I) a extremidade cuja temperatura é maior contém mais calor do que a outra.
- II) o calor escoa da extremidade que contém mais calor para a que contém menos calor.
- III) há transferência de energia por movimento desordenado de átomos e/ou moléculas.

16. Ao observar a figura, e sem dispor de qualquer outra informação, pode-se imaginar que o cubo possui, em relação ao meio que o cerca,



- I) temperatura mais elevada.
- II) mais energia.
- III) mais calor.

17. À pressão atmosférica, nitrogênio líquido entra em ebulição à temperatura de  $-196^{\circ}\text{C}$ . Um grama de nitrogênio líquido, a essa temperatura, comparado com um grama de vapor de nitrogênio, também a  $-196^{\circ}\text{C}$ , possui

- I) mais energia.
- II) menos energia.
- III) a mesma energia.

18. À pressão atmosférica, mercúrio sólido funde-se à temperatura de  $-39^{\circ}\text{C}$ . O que acontece logo que uma certa quantidade de mercúrio líquido (a  $-39^{\circ}\text{C}$ ) é colocado em uma caneca contendo nitrogênio líquido (a  $-196^{\circ}\text{C}$ )?

- I) A temperatura do nitrogênio aumenta e a do mercúrio diminui.
- II) A temperatura do mercúrio diminui e a do nitrogênio não se altera.
- III) Mercúrio começa a solidificar e nitrogênio entra em ebulição, sem alteração da temperatura.

19. O que acontece quando colocamos um termômetro, num dia em que a temperatura está a  $21^{\circ}\text{C}$ , em água a uma temperatura mais elevada?

- I) A temperatura e a energia interna do termômetro aumentam.
- II) A temperatura do termômetro aumenta e sua energia interna permanece constante.
- III) Nem a temperatura do termômetro nem a energia interna se modificam, apenas a coluna de líquido termométrico se dilata.

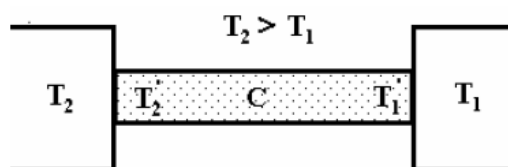
20. Quando, com o mesmo aquecedor elétrico ("*rabo quente*"), são aquecidos 100 ml de água e 100 ml de álcool, constata-se que o tempo necessário para elevar de  $1^{\circ}\text{C}$  a temperatura da água é maior do que o tempo necessário para que ocorra o mesmo com o álcool. Isto significa que a água acumula, em comparação ao álcool,

- I) a mesma energia.
- II) mais energia.
- III) menos energia.

21. Quando um condutor de calor é colocado em contato com outro corpo cuja temperatura é mais elevada, o condutor transfere energia

- I) sem modificar sua temperatura.
- II) modificando sua temperatura.
- III) modificando sua energia interna.

22. A figura representa uma situação de condução de calor em regime estacionário. Considere o corpo C (sombreado) um condutor de calor. Observe as quatro temperaturas ( $T$ ) indicadas na figura. O que caracteriza esta situação de condução de calor?



- I)  $T'_2 = T'_1$
- II)  $T'_2 > T'_1$
- III)  $T'_2 < T'_1$

23. Objetos de metal e de plástico são colocados no interior de um "freezer" que se encontra a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Depois de alguns dias pode-se afirmar que a temperatura dos objetos de plástico é:
- I) maior do que a dos objetos de metal.
  - II) menor do que a dos objetos de metal.
  - III) igual à dos objetos de metal.

## **Anexo 2 - AUTORIZAÇÃO**

Eu, ....., RG ..... CPF  
....., residente na rua ..... n° ..... bairro  
.....na cidade de Pelotas, autorizo o uso de minha imagem na dissertação  
de mestrado de Nelson Luiz Reyes Marques.

---