

# A Transferência de Calor com o Uso de Experimentos Alternativos

(The Heat Transfer with the Use of Alternative Experiments)

Morgana Lígia de Farias Freire

*Departamento de Física, Universidade Estadual da Paraíba 58100-001 - Campina Grande, PB, Brasil*

*morgana.ligia@bol.com.br*

*(Recebido em 04 de novembro de 2005; aceito em 22 de dezembro de 2005)*

---

As experiências de física nos diversos meios de comunicação servem para lembrar o tipo de ciência que é a física, uma ciência experimental. Este trabalho apresenta algumas sugestões de experimentos relacionados ao tema transferência de calor. Os experimentos envolvem os fenômenos da condução, convecção e radiação. Entre os experimentos, o que chama a atenção é o abajur da convecção, que além das aulas pode ser aplicado em feiras de ciências e eventos pedagógicos, devido ao bonito efeito visual apresentado. Nas montagens dos experimentos foi dada ênfase ao uso de materiais de fácil aquisição.

Palavras-chave: calor, condução, convecção, radiação, atividades experimentais.

The physical experiences in diverse types of communications are useful to show that physics is an experimental science. This work presents some suggestions of experiments related to heat transfer. The experiments deal with phenomena such as conduction, convection and radiation of heat. Among the experiments the most interesting one is the lampshade of convection that can be used in classes, science fair and pedagogical events, because it also presents a beautiful visual effect. In such experiments it was widely used materials that can be easily found.

Key words: heat, conduction, convection, radiation, experimental activities.

---

## 1. INTRODUÇÃO

As experiências de física nos diversos meios de comunicação (revistas, “sites”, livros, etc.) servem para lembrar o tipo de ciência que é a física, uma ciência experimental. São vários mecanismos que o professor pode possibilitar utilizar para favorecer a compreensão dos conteúdos abordados, sendo a atividade experimental um deles.

A introdução da disciplina física nas escolas do Brasil tem mais de cem anos, mas sua abordagem continua fortemente identificada como aquela praticada há cem anos atrás; o ensino voltado para a transmissão de informações através de aulas expositivas, usando metodologias voltadas para resolução de exercícios<sup>1</sup>.

Portanto, as dificuldades e os problemas que afetam o ensino, particularmente, o ensino da física, não são recentes, levando a reflexão de suas causas e conseqüências<sup>2</sup>. As reflexões têm levado a uma convergência em termos de opiniões. O uso de atividades experimentais tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras de se minimizar as dificuldades de aprender e de ensinar física<sup>1,2</sup>.

Segundo a classificação dada por Araújo & Abib<sup>2</sup> com relação às atividades experimentais no ensino da física publicadas em artigos nacionais nos anos de 1992 a 2001, o presente trabalho se classificaria como montagens de equipamentos, que se constitui 29% dos artigos publicados. Embora possa não ser relevante tal classificação para o propósito deste trabalho, esta chamou atenção pelo valor percentual. Ainda, temas com calorimetria, que em grande parte das escolas é destinado um menor tempo, apresenta um conjunto menor de publicações com um percentual de 4,7<sup>1</sup>.

Como os fenômenos relacionados à transferência de calor e suas propriedades elementares fazem parte do aprendizado da física do ensino médio. E como é uma realidade a falta de laboratório na maioria das escolas, deixando lacunas no processo ensino-aprendizagem. Estas lacunas poderiam ser sanadas com a implantação, dentro de sala de aula, de experimentos

alternativos, em que o material utilizado seja de fácil acesso para os alunos. Valendo salientar que experiências para o conteúdo transferência de calor com os chamados materiais de baixo custo são escassos.

Dessa forma, reuniu os modos de transferência de calor (condução, convecção e radiação) que o professor pode trabalhar. Os experimentos que são apresentados neste trabalho foram aplicados no Curso de Atualização para Professores de Ensino Médio (Pró-Ciências), correspondendo ao módulo calor e temperatura na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no estado da Paraíba. Eles despertaram grande interesse e total aceitabilidade por parte dos professores.

Assim, através de um trabalho experimental significativo (desde a substituições ou adaptações de materiais até a sua real montagem), apresenta as construções de experimentos como uso de materiais de baixo custo enfatizando o conteúdo transferência de calor.

## **2. PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

O calor é uma forma de energia que é transferida de um corpo para outro em virtude de uma diferença de temperatura entre eles. Essa transferência de energia pode processar-se de três maneiras distintas: por condução, convecção ou radiação.

### **2.1. A CONDUÇÃO**

Ao colocar uma das extremidades de uma barra metálica em contato com uma fonte térmica e segurar a outra com a mão, nota-se que a temperatura da extremidade em contato com a mão torna-se cada vez mais elevada. O que ocorre neste caso é que o calor cedido pela fonte se propagou através da barra até atingir à mão. Esta modalidade pela qual o calor se propaga é denominada condução.

A explicação para tal fenômeno é a de que as moléculas, ao vibrar com maior amplitude, conseguem aproximar-se das moléculas vizinhas. Nessa aproximação, intensificam-se as forças repulsivas e, conseqüentemente, as moléculas vizinhas passam a vibrar mais intensamente. Assim, a energia térmica (calor) é conduzida de molécula para molécula do meio a que essas moléculas pertencem. Em outras palavras, pela colisão entre átomos e moléculas do meio e a subseqüente transferência de energia cinética, isto equivale dizer que o calor se transmite através de matéria sem que esta se desloque. Em geral, o fenômeno da condução ocorre nos meios na fase sólida.

### **2.2. A CONVECÇÃO**

A convecção é o processo de propagação de calor no qual a energia térmica muda de local, acompanhando o deslocamento da própria substância aquecida.

Ao contrário da condução, em que apenas a energia térmica se propaga e as partículas permanecem em suas posições de equilíbrio, com movimento de vibração, na convecção a energia térmica propaga-se acompanhando as partículas aquecidas da substância. Trata-se do fluxo de calor devido ao movimento microscópico carregando partes da substância de uma região quente para uma região fria. Por este motivo, a convecção do ocorre em meios fluidos (líquido ou gás).

### **2.3. A RADIAÇÃO**

A terceira forma de transferência de calor é por radiação. É a maneira, por exemplo, do Sol transferir energia para o sistema terra-atmosfera através do espaço vazio. Esse processo não necessita de um meio para propagar o calor. A propagação é dada através de ondas eletromagnéticas, que ao atingir um meio são absorvidas e transformadas, em grande parte, em energia térmica.

Quando se é exposto ao Sol, a maior parte da energia que se recebe chega através de ondas eletromagnéticas, que ao atingir o corpo são absorvidas e transformadas, em grande parte, em

energia térmica. Apesar de todas as ondas eletromagnéticas transportarem energia, apenas as correspondentes ao infravermelho são chamadas de ondas de calor.

Todos os corpos com temperatura finita emitem radiação. O espectro de emissão dos objetos depende, em geral, da sua geometria e do material constituinte.

### 3. OS EXPERIMENTOS

As atividades experimentais propostas são três, uma para modo de transferência de calor.

#### 3.1. EXPERIMENTO 1: CONDUÇÃO

Para verificar o processo de transferência de calor por condução são necessários os seguintes materiais: barra metálica, lamparina ou similar, pano grosso ou alicate, vela e percevejos ou alfinetes. Todavia, o manuseio é melhor quando se usa os alfinetes. Já os metais que são fáceis de encontrar (e que apresentam boa condutibilidade térmica) são: cobre, alumínio, latão, ferro e aço. Esta experiência é sugerida por Gaspar<sup>3</sup>.

Para montagem, acende uma vela, pingando gotas de parafina derretida, na barra. Em cada gota, coloca-se um percevejo ou alfinete (Figura 1a). Em seguida, deve-se segurar a barra horizontalmente com o auxílio de um alicate ou pano, com a posição dos alfinetes voltada para baixo. Finalmente, com a chama da lamparina ou similar (que também pode ser a própria vela), aquece a extremidade livre da barra (Figura 1b).

**O que acontece?** Ao aquecer a extremidade livre da barra, há um aumento do estado de agitação dos átomos do metal que compõe a barra. Tal agitação (ou vibração) é transmitida aos átomos vizinhos que vai sendo transferida gradativamente para toda a barra. À medida que a energia na forma de calor é transferida ao longo da barra, atingindo a parafina, onde está preso o alfinete, esta se derrete e daí tem-se a queda do mesmo. Observa-se que os alfinetes caem sucessivamente a partir da extremidade aquecida (extremidade onde está a fonte de calor), exibindo o processo de transmissão de calor por condução. Como recomendação, os alfinetes devem ser colocados próximos entre si e o conjunto dos alfinetes próximo da fonte de calor, pois o calor pode se dissipar para o meio ambiente (ou vizinhança).

Este experimento também pode ser realizado com mais de uma barra, sendo que as barras devem ser de materiais diferentes. No caso do uso de duas barras, por exemplo, cobre e alumínio os alfinetes caem simultaneamente a partir da extremidade aquecida (Figura 2). A diferença como relação ao experimento anterior é que os alfinetes da barra de cobre, em ordem seqüencial, caem mais rápido do que os da barra de alumínio. Ou seja, o primeiro alfinete da barra de cobre contanto da direita para esquerda na Figura 2, cai primeiro que o da barra de alumínio; o segundo alfinete da barra de cobre cai primeiro que o segundo da barra de alumínio, e assim sucessivamente. Então, além de evidenciar o fenômeno geral da condução, pode-se enfatizar as diferenças de condutibilidade dos materiais. Como os alfinetes da barra de cobre caem primeiro do que o da barra de alumínio, tem-se a evidencia que o cobre tem um coeficiente de condutibilidade térmica maior do que o alumínio.

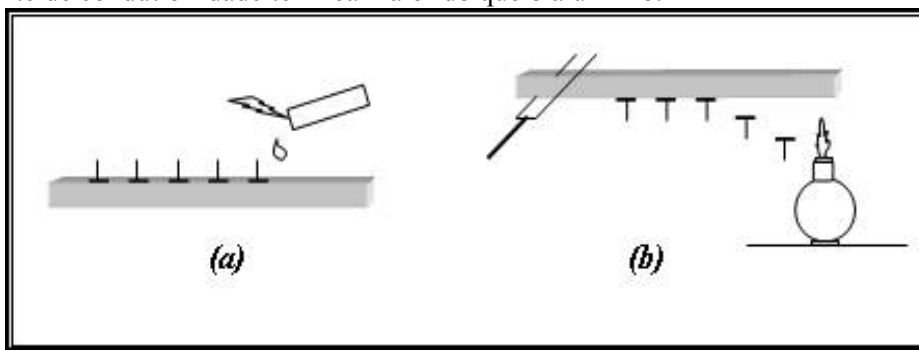


Figura 1: Esquema do Experimento da Condução: (a) Colagem dos alfinetes na barra metálica usando a parafina e (b) A fonte de Calor colocada em uma extremidade e a outra servindo como um ponto de apoio para segurar a barra, após o aquecimento da barra tem-se o fenômeno da condução.

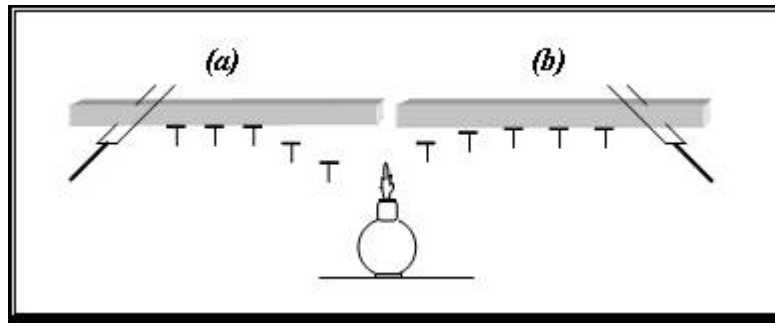


Figura 2: O fenômeno da condução enfatizando a diferença da condutibilidade térmica para cada metal. (a) Barra de cobre e (b) Barra de alumínio.

### 3.2. EXPERIMENTO 2: CONVECÇÃO

Este experimento tem como base o experimento proposto por Gaspar<sup>3</sup> denominado de abajur mágico ou da convecção e os abajus vendidos ou expostos em feiras ou lojas esotéricas. Entretanto, foram feitas modificações para que o abajur se tornasse acessível e sem dificuldades para o seu real funcionamento.

Para sua montagem são necessários: folha de papel (ofício) ou transparência (para retroprojeter), pedaços de madeira, lâmpada, fio com plugue e bocal, colchete de pressão (utilizados por costureiras), pedaço de arame, caneta para transparência, alfinete, fita adesiva, pedaços de papelão ou pedaços de plásticos de garrafa plástica de refrigerante de 2,0litros (“PET”) e cola comum ou cola para cano (PVC). A montagem consta de duas partes distintas.

A primeira parte da montagem consiste na construção da base de madeira com bocal (soquete), lâmpada e fio com plugue. Junto à lâmpada acompanhando a sua curvatura é fixado à base de madeira um pedaço de arame, onde na extremidade livre deve ser colocado um alfinete. Assim, o alfinete deve ser colado ao arame ou unido ao mesmo, com o uso de fita adesiva. Todavia, se for possível tornar a extremidade livre do pedaço de arame muito fina, com o aspecto de um alfinete, o uso do alfinete é dispensado. O esquema desta primeira montagem é dado na Figura 3.

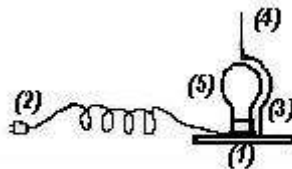


Figura 3: Esquema da montagem da primeira parte do abajur: (1) base de madeira, (2) fio com plugue, (3) bocal para lâmpada, (4) pedaço de arame e, (5) lâmpada incandescente.

A segunda parte da montagem consta da montagem de um cilindro girante. Para construí-lo, deve-se inicialmente, recortar a transparência ou a folha de papel, formando aletas, segundo o esquema da Figura 4, e depois deve colar as extremidades *a* e *b*, obtendo o aspecto da Figura 5. Se desejar que a montagem cilíndrica tenha um diâmetro maior é usar mais de uma folha ou transparência, colando as folhas ou as transparências uma a uma. A altura correspondente ao tamanho da folha ou transparência  $h'$  deve ser um pouco menor que a altura da base do abajur  $h$  (Figura 4).

A parte superior do abajur, que consiste de um disco (de raio aproximadamente 2,0cm), é feita de papelão quando se usa a folha de papel ou garrafas de refrigerante de 2,0litros, quando se usa transparência. Na parte central do disco é feito o furo onde será encaixado o colchete de pressão, o qual fica equilibrado sobre o alfinete ou a extremidade fina do arame, o que proporcionará liberdade de movimento por parte do abajur (Figura 6).

Por fim, deve-se colar cada aleta nas bordas do disco com cola comum, no caso do papelão; ou, colar com “cola de cano” ou ainda costurar com linha de náilon, no caso da transparência (Figura 7). Durante a montagem deste experimento a maioria dos professores deu preferência ao uso de linha de náilon.

Para o funcionamento do abajur, basta ascender à lâmpada e depois de alguns segundos este começa a girar.

Como observação tem-se que tanto na folha de papel quanto na transparência pode ser colocada palavras ou figuras. As palavras ou figuras, quando o abajur está ligado, produzem efeitos visuais bonitos. Estas figuras ou palavras devem, de preferência, serem colocadas antes da colagem das extremidades *a* e *b*. Também pode colorir a transparência com o uso do computador, aconselhando fazer antes do corte das aletas.

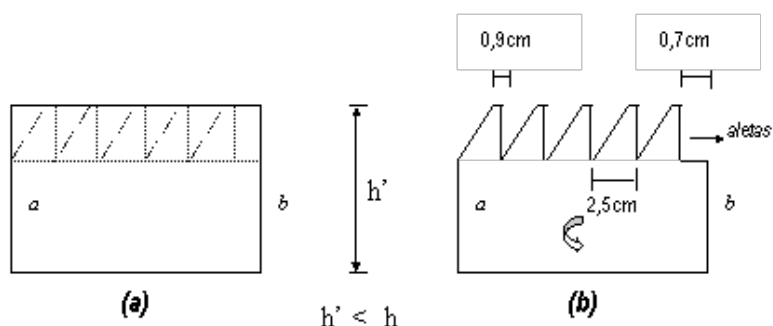


Figura 4: Esquema do corte da folha ou transparência para a montagem do cilindro “girante”. (a) – folha ou transparência com as linhas (tracejadas) para que sejam cortadas (no caso da folha de papel use o lápis grafite e da transparência use caneta adequada) e (b) – folha ou transparência após o corte.

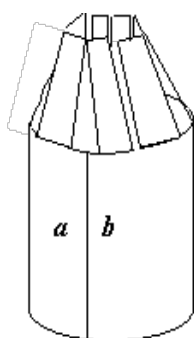


Figura 5: Esquema da base cilíndrica do abajur após a colagem das extremidades *a* e *b*.

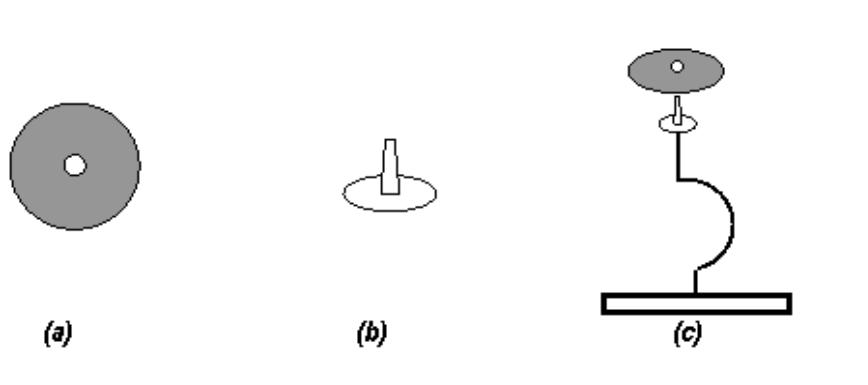


Figura 6: Esquema da parte superior do abajur, que corresponde a um disco. A área circular na cor branca é um furo, onde será colocado o (b) colchete. (c) Junção da parte superior do abajur com o colchete.

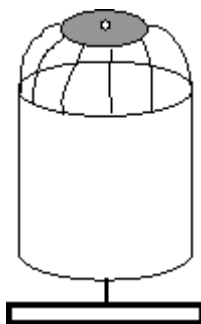


Figura 7: O abajur da Convecção.

**O que acontece?** Após acender a lâmpada, o ar, no interior do cilindro, é aquecido. Como o ar aquecido é menos denso, este tende a subir, passando através das aletas. O ar quente que sobe, dá lugar ao ar frio, que entra pela parte inferior, formando correntes de convecção (dirigida de baixo para cima). Entretanto, ao passar pelas aletas, devido as suas disposições, na parte superior do abajur, esta corrente de ar faz com que o cilindro comece a se movimentar, ou seja, causam o giro do abajur (Figura 8).

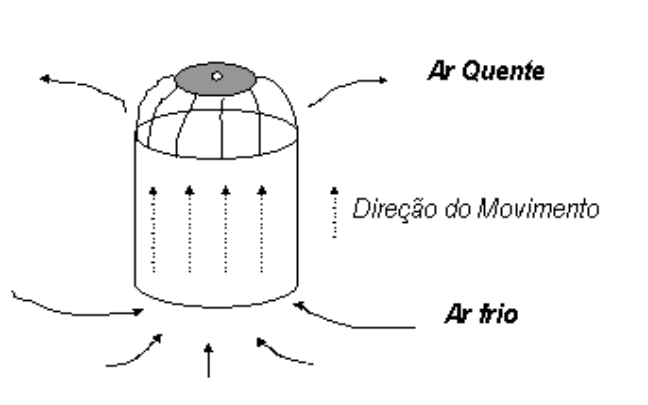


Figura 8: Funcionamento do abajur: a corrente de convecção é que produz o movimento de rotação do abajur.

A denominação abajur mágico é devido a este entrar em movimento e poder se pensar que é devido, por exemplo, algum motor, quando na realidade este não existe. É apenas o fenômeno da convecção. Tal fenômeno, chama a atenção dos alunos, gerando uma maior disposição à aprendizagem.

### 3.3. EXPERIMENTO 3: RADIAÇÃO

Este experimento tem como base o experimento de Caniato<sup>4</sup> da atividade aquecendo a terra. Para este experimento precisa-se de duas latas com tampas (por exemplo, latas de leite ou achocolatados) de materiais e dimensões idênticas, e dois termômetros. Uma das latas deve ser pintada de preto (tinta fosca) e a outra ao natural. Fazendo um furo central em cada tampa, para introduzir os termômetros (Figura 9). Também, pode-se pintar a lata com a chama de uma vela ou de uma lamparina (com fuligem).

Em seguida colocam-se as latas à luz do sol e anota as temperaturas obtidas em intervalos iguais, por exemplo, de dois em dois minutos, obtendo vários registros. Caso não se tenha um dia com a presença de nuvens, devem-se fazer alguns registros com as duas latas à sombra.

Com os dados obtidos, deve-se construir um gráfico da temperatura (T) x tempo (t) para cada lata e através da comparação destes gráficos pode-se evidenciar o efeito da radiação.

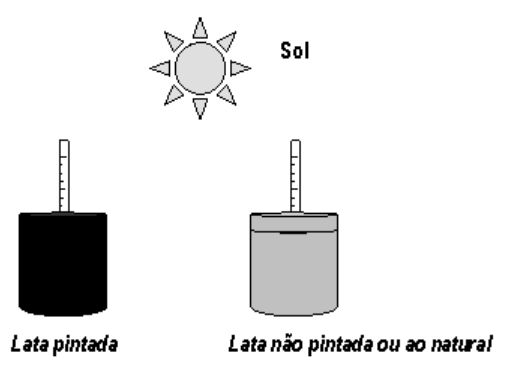


Figura 9: Esquema das latas com os seus respectivos termômetros, expostas ao Sol.

Um fato importante no que diz respeito a este experimento é a ausência da luz do Sol à noite ou em dias de céu encoberto por nuvens. Como forma de substituir a luz do Sol, é proposto a utilização da lâmpada incandescente e para simular a sombra, neste caso, deve desligar a lâmpada. Todavia, para haver comparação das temperaturas correspondentes às latas a forma de iluminação de ambas deve ser equivalente.

**O que acontece?** Com a presença da luz do sol (ou luz artificial), a lata preta se aquece mais rapidamente que a lata natural. Já à sombra (ou ausência de luz) a lata preta se resfria mais rapidamente. Assim, a lata preta com relação à lata ao natural tem um comportamento mais próximo de um corpo negro. Daí, como a lata preta se aquece mais rapidamente com a luz do sol, ela tem um poder de absorção maior que a lata ao natural, enfatizando a chamada Lei de Stefan Boltzmann da radiação.

#### 4. CONCLUSÕES

Os experimentos apresentados aqui visam o uso de materiais acessíveis (de baixo custo) para a transferência de calor, que não é um conteúdo simples para encontrar atividades experimentais. O material utilizado não é caro e acessível à maioria das escolas e as montagens permitem ao aluno sair da situação de mero espectador para ser um executor ou construtor do conhecimento.

Apesar dos experimentos serem adequados para as escolas que utilizam a abordagem do laboratório de baixo custo, estes dependendo da metodologia empregada pelo professor, poderão ser riquíssimos em termos de conteúdo.

Dos experimentos apresentados, o que requer habilidade e disponibilidade de tempo para sua construção é o abajur. Em caso de não haver como montar este dentro do ambiente de sala de aula sugere-se o uso de levar a montagem já pronta. Entretanto, para isso é necessário o uso de uma metodologia que contenha questionamentos ou problematizações por parte do professor para não tornar o aluno um ser passivo.

O experimento do abajur pode ser aplicado nas chamadas feiras de ciências, pois, produz um efeito visual bonito e que certamente chamará atenção dos participantes.

Finalmente, espera-se ter contribuído para que o tema transferência de calor possa ser enfatizado pelos professores com auxílio de atividades experimentais, principalmente nas escolas onde não se dispõe de laboratórios.

1. ROSA, C. W.; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, n.1, 2005.
2. ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 25, n. 2, p. 176-197, 2005.
3. GASPAR, A. *Experiências de Ciências para o 1º grau*. São Paulo: Ática, 1990.
4. CANIATO, R. *O Céu: Projeto Brasileiro para o Ensino de Física*, Vol. 1, 3ª Edição, Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1978.