

**DANIELLE DUDA NUNES**

**A FÍSICA NA COZINHA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido à Universidade Católica de  
Brasília para obtenção do Grau de  
Licenciado em Física.

Orientador: Dr. Paulo Eduardo de Brito

BRASÍLIA  
JUNHO DE 2008

## A FÍSICA NA COZINHA

### RESUMO

Este projeto tem como finalidade analisar o funcionamento dos fornos: a gás, elétrico e microondas; seu procedimento físico-químico; além de comentar as curiosidades e superstições particulares de cada. Por não se tratar de um trabalho inovador, o ponto referencial deste busca a ligação da experimentação à teoria, o que justifica a análise contida neste trabalho para melhor desenvolvimento das atividades cotidianas e ampliação do conhecimento acerca da ciência física. Buscou-se a análise da eficiência de cada forno, sendo essa verificada pelo Teste de Fervura da Água – TFA, que mostra como resultado o aparelho ideal para economia financeira, ambiental e de tempo, ponto primordial atualmente, juntamente com uma revisão histórica.

**Palavras Chaves:** cozinha, fornos, fogões, energia, alimentos.

## INTRODUÇÃO

Há milhares de anos o homem aprendeu a controlar e produzir o fogo, fatos históricos trazem desde a fricção de pedaços de pau ou pedra ao fogo da mitologia, o fogo de Zeus. Na mitologia o fogo traduzia o poder ou dom, quem o tinha utilizava para obter calor, afugentar animais selvagens e cozinhar alimentos.

As invenções buscam formas para ter-se menos esforço, assim nasceu o fósforo e a eletricidade. O destaque deste trabalho remete à questão dos fornos: a gás, elétrico e microondas, uma busca para a modernidade e praticidade diante dos primeiros dias de domínio do fogo. Hoje, conta-se com empresas que criam fornos com capacidades ao gosto dos clientes e ao alcance econômico da maioria da população.

Dentre o leque de possibilidades de abordagem sobre o tema, foi decidido destacar o funcionamento dos fornos mencionados exaltando sua eficiência. E junto à curiosidade sobre a veracidade das crendices, houve o desejo de entender os princípios físicos de cada aparelho, destacando a transformação química para seu funcionamento.

Apoiando-se na curiosidade e interesse do francês Menon (THIS, 2006) em trazer a “arte culinária” para o âmbito científico, mostrando a necessidade de interligar a experiência com a teoria, será desenvolvido neste trabalho não uma inovação, mas a ampliação de esclarecimentos do que se usam todos os dias. Pois com este conhecimento supõe-se que facilitaria a forma de ensino por meio de métodos comuns dentro de cada casa.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A cozinha brasileira de hoje sofreu influência da culinária: africana, indígena, européia e asiática. Analisando o desenvolvimento da cozinha no Brasil podemos destacar a influência dos índios com suas ervas, as especiarias da Índia trazidas pelos portugueses e, o modo de preparo, receitas dos italianos e franceses. Vários personagens da história se destacaram na arte culinária, dentre eles, Luís XIV com o título de fundador da cozinha moderna (francesa) e Napoleão, que a usa como “arma” para conquistar os políticos da época.

Antes do século XIX eram usados fogões à lenha, conforme figura 1, onde a lenha era o combustível exclusivo para cozinha e aquecimento. Estes fogões não eram comprados e, sim, feitos na própria casa. As invenções de fogões e fornos tiveram início com o primitivo fogão à lenha, que consistia num buraco no chão, onde pedras ou os troncos eram os suportes para as panelas. Tempos depois era possível comprar fogões de ferro com repartimentos diferenciados para a lenha, como pode ser visto na figura 2.



**Figura 1:** Interior de um forno à lenha comunitário  
**Fonte:** REGEDOR, Ana Flores. HENRIQUES, Sofia Teives.  
Energia no cotidiano: um olhar das nossas avós.



**Figura 2:** Fogões de ferro com repartimentos para lenha.  
**Fonte:** REGEDOR, Ana Flores. HENRIQUES, Sofia Teives.  
Energia no cotidiano: um olhar das nossas avós.

O avanço veio com a industrialização, e com ela novas tecnologias, como a descoberta do gás para uso de energia e a eletricidade que vieram auxiliar e facilitar o uso dos aparelhos domésticos.

No Brasil, Barão de Mauá foi o primeiro a introduzir a iluminação pública a gás no Rio de Janeiro, ao ganhar a concorrência aberta pelo governo em 1849, numa sociedade com a Inglaterra pela expansão do emprego do gás natural. Até o início do século XX, esta iluminação era restrita aos espaços urbanizados, mas já era possível encontrar, desde 1892, fornos e fogões de uso doméstico alimentados por gás. As instalações foram expandidas mais rapidamente no tempo da República Velha até os primeiros anos da década de 30.

Ao longo das décadas de 50 e 60, a distribuição do gás foi absorvida pelas companhias estatais. Naquele mesmo período em Portugal iniciara a produção do gás butano, também chamado de GAZCIDLA<sup>1</sup>, na refinaria SACOR<sup>2</sup>, e o “gás de botija”<sup>3</sup> começara a ser exportado para utilização doméstica e industrial. Os fogões que não precisavam da lenha eram conhecidos como “máquinas de petróleo”, figura 3, somente usados para fazer café ou chá. Esta máquina não foi muito utilizada, pois foi considerada como uma máquina perigosa.



**Figura 3:** Máquina de Petróleo.  
**Fonte:** REGEDOR, Ana Flores. HENRIQUES, Sofia Teives.  
Energia no quotidiano: um olhar das nossas avós.

Logo, naquele período, o botijão de gás conquistara as cozinhas domésticas, pois trouxera o benefício de poupar tempo. Contudo, não se abandonou por completo o fogão à lenha, sendo este ainda utilizado em certas ocasiões e principalmente em áreas rurais, onde o custo de um fogão a gás ainda era alto.

Na década de 50, a energia elétrica começava a ser comercializada, no Brasil, destinado aos moradores das cidades, transportes públicos e outros produtos, como os eletrodomésticos. A urbanização e industrialização ampliaram-se e constituíram uma economia de escala. A eletricidade era um bem de consumo intermediário e final, por ser um insumo de produtos e serviços.

---

<sup>1</sup> Gazcidla era o nome do gás butano comercializado pela CIDLA (Combustíveis Industriais e Domésticos).  
<sup>2</sup> SACOR - Sociedade Anônima Concessionária da Refinação de Petróleos foi criada em 1936 em Portugal.  
<sup>3</sup> Gás de botija é uma expressão usada em Portugal, o equivalente no Brasil é botijão de gás.

A maior parte das invenções dos eletrodomésticos foram registradas nos séculos XIX e XX. O fogão elétrico foi inventado em torno de 1891. Não teve uma boa aceitabilidade pelo mundo a fora. No Brasil, houve uma tentativa de comercialização entre 1920 e 1940, mas devido a difícil manutenção e o alto preço do produto, não houve uma boa resposta no mercado.

Após 1950 em paralelo aos aparelhos a gás iniciou-se a comercialização de fornos e fogões elétricos pela empresa General Electric. Esta trouxe também a dificuldade de inserção por causa da concorrência recente do fogão a gás. A partir de 1960, empresas como a Brastemp e Cônsul começavam a comercializar fornos e fogões, difundindo o uso dos aparelhos elétricos.

Outro eletrodoméstico de interesse neste trabalho é o forno de microondas. Este descoberto ao acaso pelo engenheiro Percy Lebaron Spencer. Em 1939, Albert Wallace Hull desenvolveu o magnetron, que gera microondas para radares de longo alcance e, dez anos depois, Percy, de forma acidental (CARVALHO, 2005) percebeu que o leite se aquece próximo ao magnetron, esta propriedade foi então utilizada na construção de fornos.

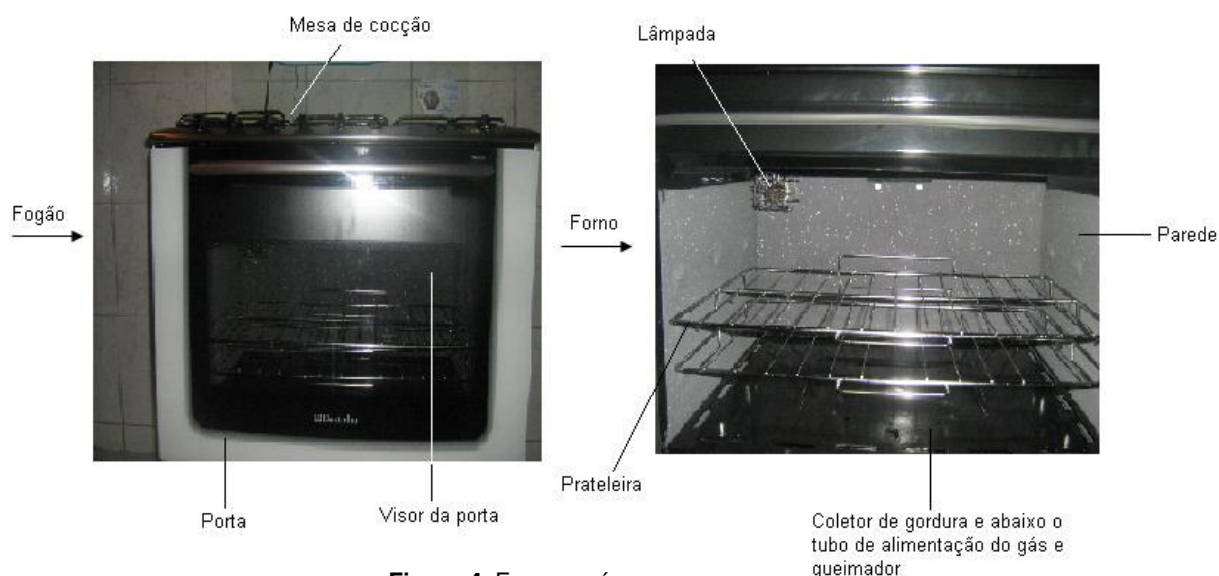
No mercado norte americano, segundo INMETRO (*apud* MOREIRA, 2001, p. 20) em 1947, chegaram as primeiras unidades de forno microondas, que mediam 1,68m de altura e pesavam em torno de 340kg, custando aproximadamente cinco mil dólares. Em 1960, começaram a projetar fornos mais convenientes para uso doméstico mas, somente em 1975, a venda dos fornos de microondas nos Estados Unidos superaram os de fogões a gás, com a característica principal, a praticidade e rapidez na cozinha.

No governo Collor (com o Plano Collor) a entrada dos fornos de microondas ocorreu de fato pois, na época, houve facilitações quanto às importações.

## O FUNCIONAMENTO

### Forno a gás

O funcionamento do forno a gás é simples de ser entendido, sua estrutura é composta de paredes esmaltadas, prateleiras, coletor de gordura, lâmpada, porta com visor, termostato (conforme pode ser visto na figura 4) e nos mais moderno tem-se um protetor de calor instalado na porta do forno e o principal para seu funcionamento, o tubo de alimentação do gás, o qual é também chamado de queimador.

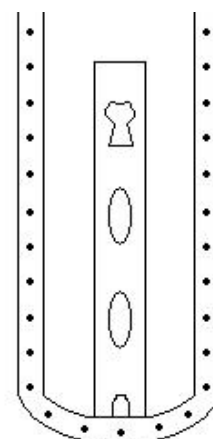


**Figura 4:** Forno a gás  
**Fonte:** arquivo pessoal da autora

O procedimento físico do aquecimento no forno a gás é a condução e o procedimento químico consiste na combustão, ou seja, ocorre a liberação de energia na presença de oxigênio. Sendo esta energia na forma de calor e luz aproveitada para o cozimento. Com relação ao aquecimento do alimento, neste predomina-se o processo físico de transmissão de calor de convecção, condução e radiação, devido ao movimento e transporte da energia térmica de molécula para molécula.

Os passos para o funcionamento do forno a gás são:

- Girar o termostato para abrir caminho para a entrada do gás no tubo de alimentação, conforme figura 4a.
- Com fósforo ou dispositivo elétrico que provoca faísca será iniciada combustão, no momento de contato da faísca com o gás.
- Fechar o forno para que possa ocorrer por condução o aquecimento de seu interior.



**Figura 4a:** Forno a gás  
**Fonte:** arquivo pessoal da

A evolução para o forno e fogão a gás deve-se ao fato de poluir menos, comparados aos fogões à lenha, seu isolamento em fibra de cerâmica torna-os leves e perfeitamente isolados. A vantagem do forno a gás está na facilidade de controle de temperatura, pela variação da entrada de combustível, e ainda, pelos queimadores não atingirem diretamente as panelas e os refratários com a chama.

Quanto à eficiência desses fornos, Dutt e Ravindranath (*apud* SANGA, 2004, p. 21) mostram três testes padronizados para verificar a o bom funcionamento dos fogões:

1. Teste de fervura de água (TFA)
2. Teste de cozimento controlado (TCC)
3. Teste de desempenho na cozinha (TDC)

O teste TFA demonstra que uma quantidade determinada de água é fervida lentamente, sendo registrado as variações de temperatura da água e o consumo de combustível. A eficiência será calculada pela razão entre o calor absorvido pela água na panela, o calor da água vaporizada - no caso o calor latente e o poder calorífico superior do combustível (PCS).

Segundo Sanga, PCS é a quantidade de calor liberada pela combustão completa de uma unidade em volume ou massa de um combustível, quando queimado completamente em uma determinada temperatura, levando-se os produtos da combustão, por resfriamento, à temperatura da mistura inicial na qual o vapor da água é condensado e o calor recuperado. Desta forma, a equação que normatiza a eficiência dos fornos e fogões é:

$$\eta = \frac{E_{\text{absorvido}} + E_{\text{latente}}}{PCS} \quad (1)$$

onde,  $\eta$  é o rendimento do fogão,  $E_{\text{absorvido}}$  é a energia absorvida,  $E_{\text{latente}}$  é a energia potencial de agregação, e PCS é a quantidade de calor liberada.

O teste TCC consiste na preparação de uma refeição. A comparação é feita entre vários fogões em relação à quantidade de energia consumida (em MJ) e a massa da refeição preparada em quilogramas. Este teste não reflete o consumo real de combustível, pois é improvável que os fogões sejam utilizados em condições semelhantes.

O teste TDC avalia o consumo de combustível numa certa quantidade de casas selecionadas na faixa de 100 ou mais amostras. Os resultados são as quantidades de energia consumida por pessoa por dia, em MJ.

A eficiência dos fornos e fogões é controlada pelo INMETRO, por meio da Portaria n.º73, de 05 de abril de 2002. Por este controle, houve uma redução do consumo médio de gás e maior segurança ao consumidor. Este processo de etiquetagem aumentou em 20% a eficiência energética dos fornos e fogões, reduzindo, assim, o consumo de gás (economizando energia) e diminuindo os impactos sociais e ambientais.



Essa etiqueta exibe um sistema de classificação por letras de "A" a "E", sendo o produto mais eficiente com a classificação "A" e o menos eficiente com a classificação "E". A análise é realizada pelo rendimento médio dos queimadores e pelo consumo do forno. Há também uma Portaria MME-MCT-MDIC n.º363/2007, que regulamenta os índices mínimos de eficiência energética de fornos e fogões a gás, conforme a tabela 1:

**Tabela 1:** Índices mínimos de eficiência energética de fogões e fornos a gás.

<i>Componente</i>	<i>Valor Mínimo do Índice de Eficiência</i>
Mesa de Cocção <sup>4</sup>	56%
Forno	33%

Obs. 1: Para fogões com fornos incorporados, devem ser atendidos os índices mínimos de eficiência energética tanto da mesa de cocção quanto do forno.  
 Obs. 2: O valor mínimo do índice de eficiência do forno é aplicável tanto para fornos incorporados a fogões quanto para fornos como aparelhos separados.

**Fonte:** Portaria Interministerial n.º363, de 24 de dezembro de 2007.

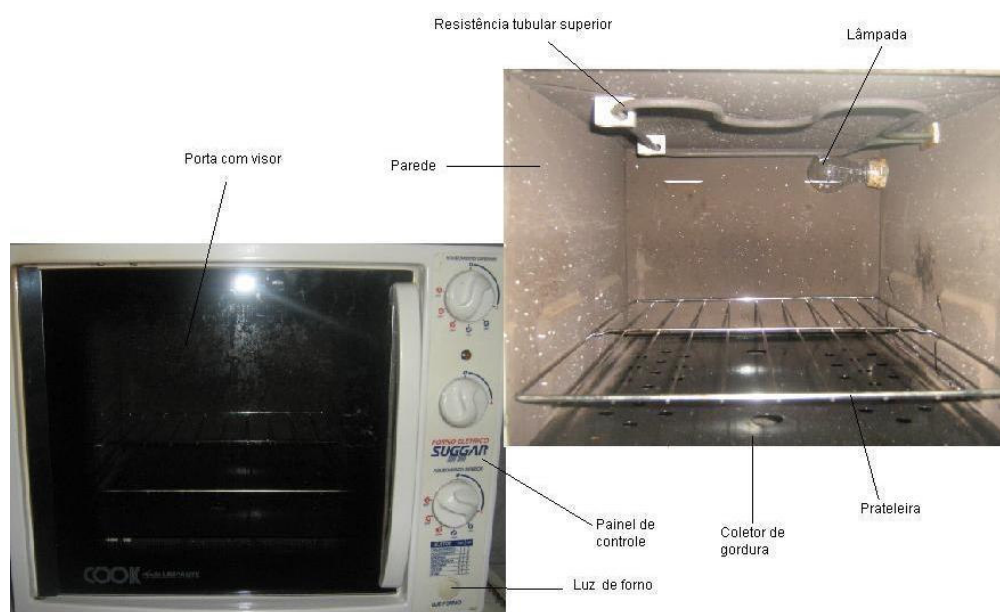
Por esta mesma Portaria, os métodos de ensaio e cálculo dos índices de eficiência energética do forno a gás podem ser verificados:

- 1) o Consumo de Manutenção é a medida da quantidade de gás por unidade de tempo que, na combustão no queimador do forno é necessária para manter, no centro geométrico do forno vazio, a elevação de 210°C acima da temperatura ambiente. O ensaio para determinação do consumo de manutenção do forno é realizado com gás de referência em condições ambientes controladas;
- 2) o Método de Ensaio é o descrito na Norma Brasileira ABNT NBR 13723 - Aparelho doméstico de cocção a gás, Parte 2: Uso Racional de Energia, da ABNT, considerando a interpretação descrita no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Fogões e Fornos a Gás do INMETRO;
- 3) o Índice de Consumo (IC) é calculado conforme descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade para Fogões e Fornos a Gás do INMETRO; e
- 4) Índice de Eficiência (IE) é calculado segundo a equação  $I_E = 100\% - I_C$  .

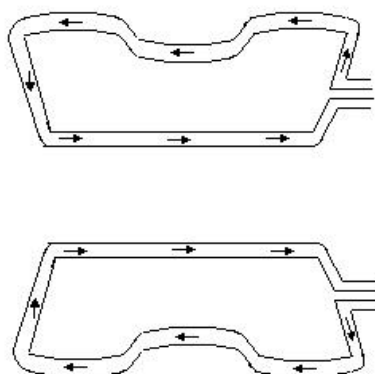
<sup>4</sup> Mesa de Cocção é a parte superior do fogão onde se encontra os queimadores (bocas).

## Forno elétrico

A estrutura do forno elétrico é composta de paredes esmaltadas, grelha, lâmpada, porta com visor, termostato, fonte de tensão e um condutor elétrico (resistência tubular) superior e inferior (figura 5). O processo de funcionamento ocorre desta maneira: ao ligarmos o aparelho, a energia elétrica que passa por meio da resistência superior e inferior do forno (conforme a figura 5a), se transforma em energia térmica e por conta do efeito Joule e sua propagação o interior do forno é todo aquecido. Todo esse procedimento de aquecimento do forno caracteriza-se pela convecção. O aquecimento do alimento destaca os processos de transmissão de calor de convecção, condução e radiação.



**Figura 5:** Forno elétrico  
**Fonte:** arquivo pessoal da autora



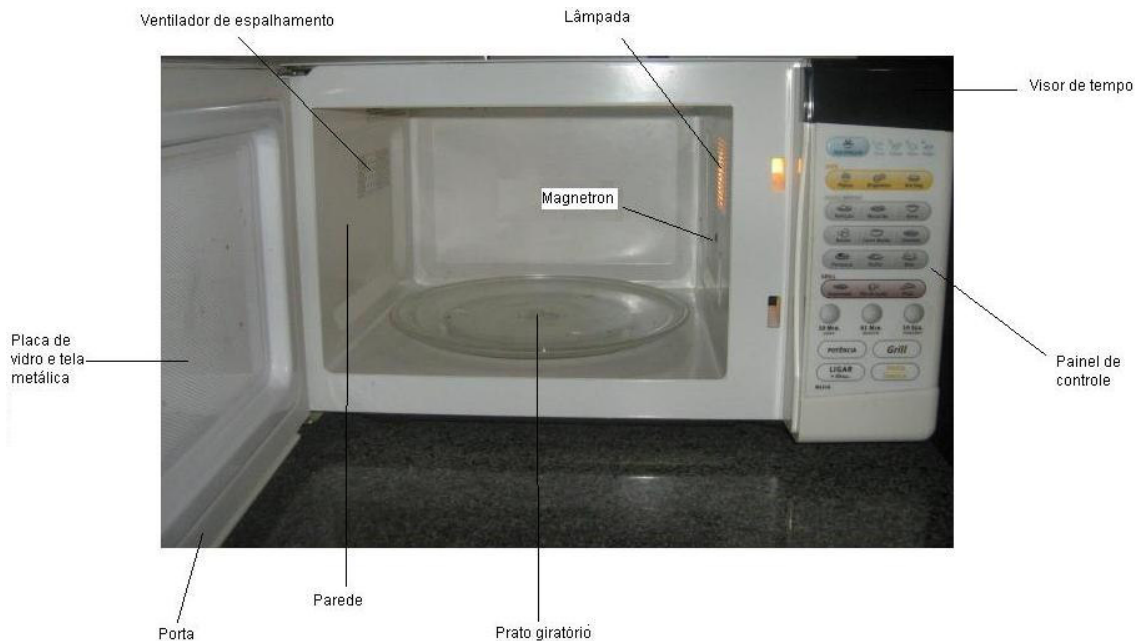
**Figura 5a:** Forno elétrico  
**Fonte:** arquivo pessoal da autora

Em aparelhos mais modernos, existe um tubo convecção, que consiste em um ventilador, onde o ar quente se movimenta dentro do forno, mantendo a temperatura homogênea em todos os níveis das prateleiras. A vantagem de utilizar um forno elétrico é a segurança que ele proporciona e sua fácil instalação.

Quanto à regulamentação de uso do forno elétrico, trata-se da mesma vigente para fornos e fogões a gás do INMETRO. Sendo também regida por leis sobre o uso racional de energia elétrica, tais como a Lei Federal n.º10.295/01: dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada pelo Decreto n.º 4.059/01.

## Forno microondas

O forno microondas é composto principalmente por uma fonte de tensão, um transformador, um retificador, o magnetron, motores e lâmpadas, um transportador de ondas e uma câmara para cozimento (figura 6). Há itens secundários que vêm complementar e modernizar o eletrodoméstico, os quais são classificados, segundo Moreira (2001), como superfícies de contato do forno de microondas, sendo as partes: visor digital, painel de controle, botão giratório, teclado de botão, teclado de membrana e tecla para abertura da porta.

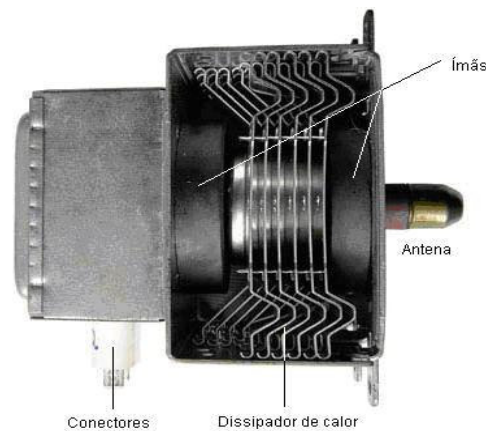


**Figura 6:** Forno microondas  
**Fonte:** arquivo pessoal da autora

Os fornos de microondas funcionam em quatro possíveis freqüências: 13,56MHz, 27,12MHz, 896MHz e 2,45GHz. Estas freqüências específicas foram escolhidas, pois a água vai rotacionar nelas e ainda para não interferirem em sistemas de comunicação com freqüências próximas. A usada em fornos domésticos atualmente é de 2,45GHz. As partes do forno microondas, procedimento para uso e cozimento nestes fornos, podem ser enumeradas da seguinte maneira:

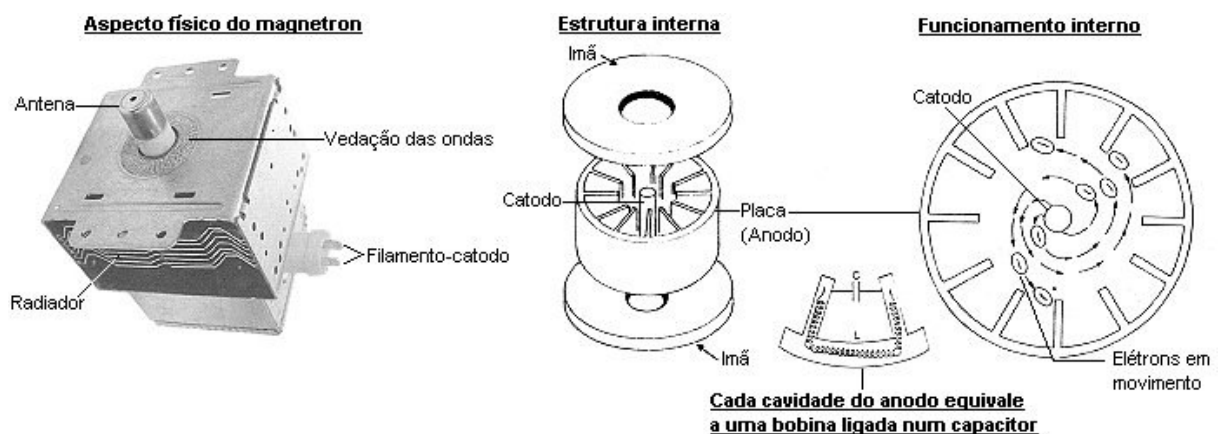
1. O gerador da microonda nos fornos domésticos é o magnetron, que funciona como oscilador LC (indutor e capacitor), ilustrado na figura 7 e suas partes na figura 7a.
2. No magnetron, o catodo central emite elétrons e estes são desviados pela presença de um ímã até encontrarem o anodo, representado por um anel metálico externo com várias cavidades.

- Em cada cavidade surge um campo elétrico devido a presença de capacitores e a quantidade de elétrons, sendo que em uma das cavidades existe uma antena que retira energia do sistema.



**Figura 7:** Magnetron

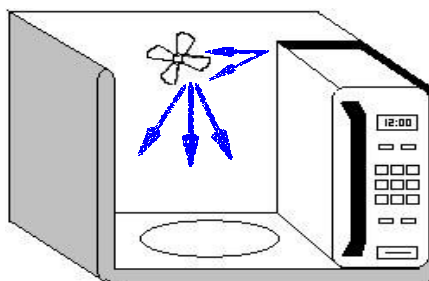
Fonte: [http://www.if.ufrgs.br/~ivomai/artigos/micoondas/man\\_mcr.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~ivomai/artigos/micoondas/man_mcr.pdf)



**Figura 7a:** Partes Magnetron

Fonte: <http://www.burgoseletronica.net/magnetron.htm>

- As microondas emitidas pelo magnetron são dispersas por um difusor, como uma hélice de ventilador (figura 8).



**Figura 8:** Forno microondas

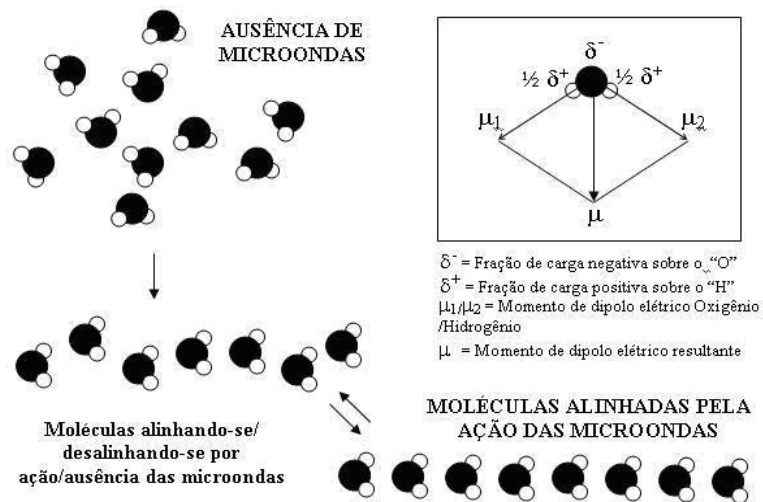
Fonte: arquivo pessoal da autora

- A radiação é emitida por filamento aquecido e potência elevada.
- A radiação é absorvida pela água, gorduras e açúcares, por isso aquecem os alimentos e não os pratos e travessas, sendo estes últimos aquecidos por condução.

7. O alimento a ser aquecido ou cozido é composto por moléculas, sendo as polares responsáveis pelo alinhamento do campo elétrico, conforme figura 9, o qual muda de posição de acordo com a frequência

emitida e este processo leva as demais moléculas a acompanharem o movimento, assim gera-se o aquecimento.

8. O aquecimento no forno é praticamente uniforme, ou seja, não há perda de energia, o alimento é aquecido e por condução seu recipiente pode aquecer. O tempo de cozimento é reduzido e o interior do forno se mantém frio.



**Figura 9:** Polarização de moléculas de água devido ao campo elétrico das Microondas. Na molécula de água, as esferas pretas representam o Oxigênio "O" e as esferas brancas o Hidrogênio "H".

**Fonte:** <http://www.liec.ufscar.br/ceramica/curiosidades/microondas.php>

9. As paredes do forno microondas são de metal, mas não afetam o aquecimento pois as microondas são refletidas por estas paredes (aqui justifica-se o perigo de usar vasilhames metálicos, pois ao emitir radiação sobre o mesmo serão provocadas faíscas).
10. Recipientes de metal não podem ser utilizados para o cozimento no forno microondas, pois as microondas são refletidas pelo metal.
11. O alimento ao ser bombardeado pelas microondas aquece no seu interior, mas não ocorre evaporação, fazendo com que pontos do alimento tenham temperaturas diferentes. Aqui é possível destacar, que o processo de aquecimento do alimento engloba os três processos de transmissão de calor - condução, convecção e radiação.
12. A reflexão das ondas eletromagnéticas formam um padrão no interior da câmara, classificando as ondas, em relação a sua interferência, como construtivas e destrutivas sendo possível justificar o fato das partes do alimento estarem mais aquecidas do que outras.
13. O prato giratório tem como função manter o alimento aquecido de forma mais homogênea.

14. A porta do forno microondas é um dispositivo de segurança, que impossibilita o funcionamento do forno com a porta aberta, desta forma as ondas ficam confinadas e não causam risco à saúde.
15. A tela metálica, que reveste a porta do forno, é protegida por duas placas de vidro, sendo a espessura da tela muito menor que uma microonda e maior que o comprimento de onda da luz visível, por esse motivo é possível observar o que ocorre no interior da câmara. Utilizando a frequência de 2,45GHz pode-se obter o comprimento de onda na faixa de 0,12m, o que ressalta a veracidade e funcionalidade da tela do forno microondas.

Existem padrões determinados para o uso, fabricação e vendas dos fornos de microondas domésticos. Vários órgãos trabalham em conjunto, desde normativas à fiscalização, como INMETRO, ANEEL. Segundo a Nota Técnica nº. 014/2002 da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, no Brasil, há uma Norma Regulatória n.º10, onde destaca as condições mínimas para segurança do usuário, em relação às instalações e serviços com eletricidade.

A referência do Conselho Diretor da ANATEL aos propósitos da Comissão Internacional para Proteção Contra Radiações Não Ionizantes – ICNIRP, grifa o limite de emissão de potência de radiação e a existência de dispositivos que previnam à exposição de microondas durante o funcionamento do forno. Estas especificações são direcionadas para o teste de conformidade, observadas na tabela 2:

**Tabela 2:** Níveis de referência para exposição do público a campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo. (valores eficazes, não perturbados).

Faixas de frequência	Intensidade de Campo E (V.m <sup>-1</sup> )	Intensidade de campo H (A.m <sup>-1</sup> )	Campo B (µT)	<i>Densidade de potência de onda plana equivalente Seg (W.m<sup>-2</sup>)</i>
Até 1 Hz	-	3,2 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	-
1-8 Hz	10 000	3,2 x 10 <sup>4</sup> /f <sub>2</sub>	4 x 10 <sup>4</sup> /f <sub>2</sub>	-
8-25 Hz	10 000	4 000/f	5 000/f	-
0,025 – 08 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0,8 – 3 kHz	250/f	5	6,25	-
3 – 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 – 1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1 – 10 MHz	87/f <sub>1/2</sub>	0,73/f	0,92/f	-
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2 000 MHz	1,375f <sub>1/2</sub>	0,0037f <sub>1/2</sub>	0,0046f <sub>1/2</sub>	F/200
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Fonte: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/nota\\_tecnica\\_014\\_cemf.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/nota_tecnica_014_cemf.pdf)

A Organização Mundial da Saúde – OMS também traz índices e parâmetros a serem seguidos e adotados por diversos países, para evitar a existência de danos tanto à saúde quanto ao meio ambiente. Os valores propostos são os mesmos da ICNIRP, que verificam-se na faixa de 100 µT, com exposição de 24 horas por dia.

## TESTE DE EFICIÊNCIA DOS FORNOS

### Materiais e métodos

Será verificada a eficiência de três tipos de fornos: microondas, elétrico e a gás, aplicando o Teste de fervura de água – TFA. Os materiais usados foram:

1. Uma tigela de vidro – Duralex;
2. 350 mL de água;
3. Multímetro – Minipa;
4. Termopar – Minipa;
5. Cronômetro – Adidas;
6. Forno a gás – Eletrolux;
7. Forno elétrico – Cook Suggar;
8. Forno Microondas – Eletrolux.

O método utilizado seguiu o procedimento de pré-aquecer o forno a gás e elétrico a uma temperatura de 255°C, em seguida colocou-se a tigela com água a temperatura ambiente de 25°C e observou-se o tempo que a mesma levaria para atingir a temperatura de 100°C. Para o forno de microondas apenas inseriu-se a tigela com água a temperatura ambiente de 25°C e também observou-se o tempo de ebulição.

O experimento foi realizado na residência da própria autora desse trabalho. A temperatura escolhida para um pré-aquecimento foi baseada na Portaria MME-MCT-MDIC n.º363/2007, onde especifica-se: “O Consumo de Manutenção é a medida da quantidade de gás por unidade de tempo que, na combustão no queimador do forno é necessária para manter, no centro geométrico do forno vazio, a elevação de 210°C acima da temperatura ambiente. O ensaio para determinação do consumo de manutenção do forno é realizado com gás de referência em condições ambientes controladas.” (p.07)

Com base nos resultados colhidos foi possível direcionar a conclusão para um forno de melhor rendimento, relacionando o tempo de funcionamento e a forma de uso econômico da energia. Sendo a eficiência provada pelo consumo de energia e o tempo de uso do aparelho doméstico.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 3 é possível encontrar algumas informações sobre cada aparelho, a presença desta no trabalho visa o conhecimento dos eletrodomésticos usados. Influindo portanto, apenas o produto do experimento.

**Tabela 3:** Informações técnicas quanto aos fogões e fornos testados.

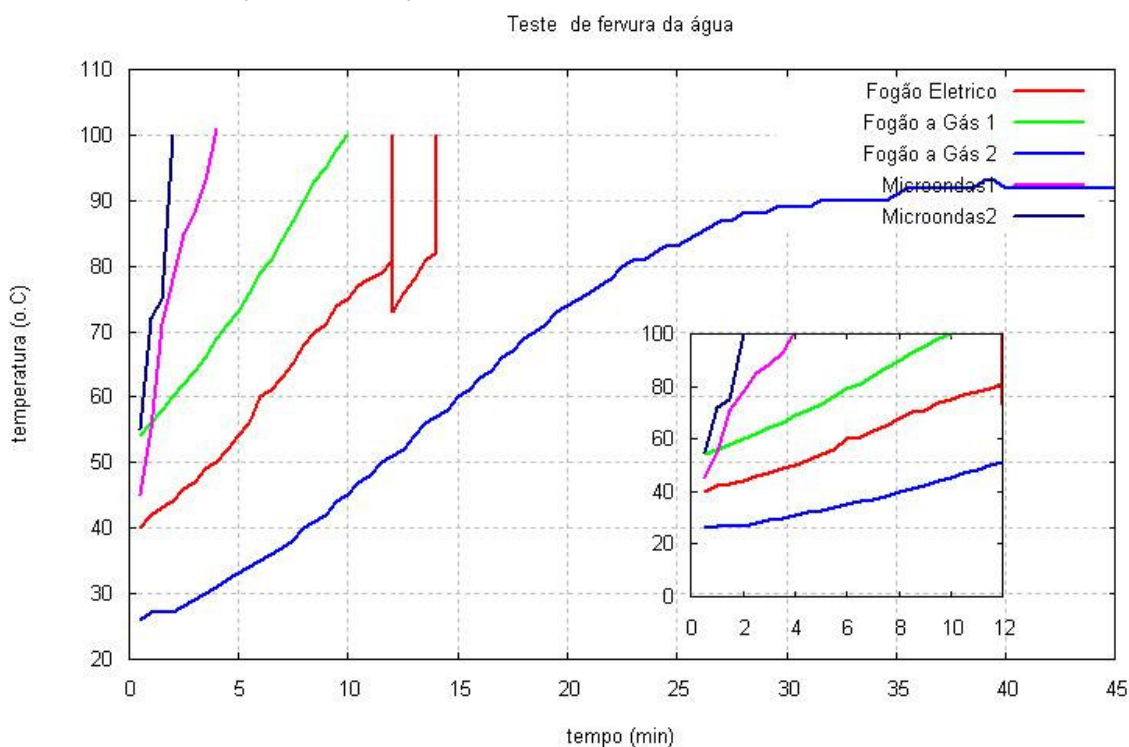
<i>Forno a gás1</i>	<i>Forno a gás2</i>	<i>Forno Elétrico</i>	<i>Microondas1</i>	<i>Microondas2</i>
Modelo 76 SX	Modelo BLK6B	Modelo FE1002	Modelo BMP40ESABB	Modelo ME28X
Potência do forno 2650W	Potência do forno 1402W	Potência do forno 1750W	Potência de consumo 1400W	Potência de consumo 1600W
1 dia de uso	5 anos de uso	7 anos de uso	8 anos de uso	30 dias de uso

**Fonte:** manuais dos aparelhos.

### A curva obtida:

O gráfico 1 trata-se de todos os dados obtidos no experimento, com o zoom do tempo limitado a 10 minutos, para melhor visualização do comportamento em tempos menores. O gráfico 2 gera a análise da potência de cada forno. Com esses dados representados nos gráficos é verificado claramente a melhor eficiência dos fornos.

**Gráfico 1:** Análise da Temperatura x Tempo

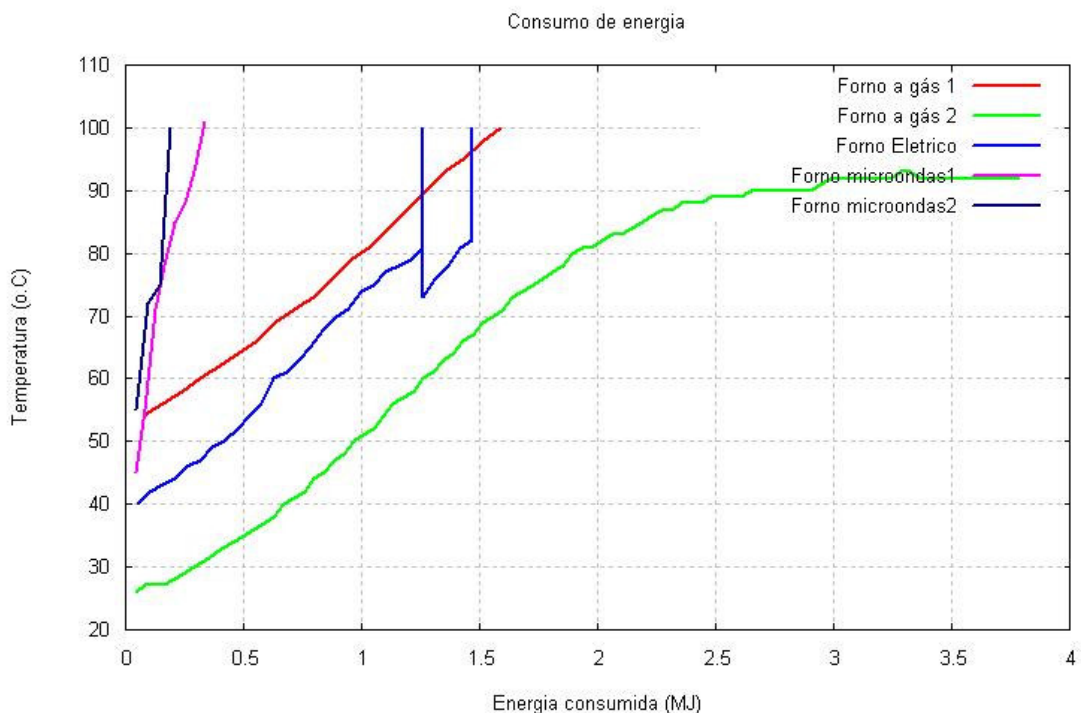




O experimento trouxe resultados muito peculiares, que podem ser observados nos gráficos acima:

- No forno elétrico, por volta de 81°C, houve um pico de temperatura. Aos 12 minutos, o multímetro que media a temperatura pulou de 81°C para 100°C; então o multímetro foi desligado e ligado novamente, e a temperatura medida passou a ser 73 °C e a temperatura continuou a crescer normalmente. A explicação mais provável para este comportamento deve ser por causa de uma região mais aquecida no interior do vasilhame, ou seja, uma bolha de água deslocada com temperatura mais elevada do que noutra região. O mesmo fato ocorreu com os fornos de microondas, mas somente após atingir 100°C, como a intenção era colher dados apenas até a fervura, não foi demonstrado no gráfico os picos correspondentes.
- Com relação aos fornos a gás, pode-se observar que o tempo de fervura do forno 2 é muito superior ao tempo de fervura do forno 1. O forno 2 tem uma idade muito maior que o forno 1 (um fogão que tinha acabado de ser comprado), então concluiu-se que no forno 2 gastava-se muito gás, logo, um desperdício econômico e ambiental muito grande.
- O microondas foi o mais rápido, sendo que o forno mais novo teve um tempo de fervura bem menor. Mesmo que a potência de trabalho do segundo forno seja um pouco maior, só este fato não justifica o seu melhor rendimento. Acredita-se que o tempo de uso, ou seja, o desgaste seja a explicação mais plausível.

**Gráfico 2:** Análise da Temperatura x Energia Consumida



- Ao analisar a potência de cada forno pelo tempo gasto em cada um, foi construído o gráfico 2, Temperatura x Energia Consumida. A energia consumida é obtida multiplicando o tempo gasto pela potência de cada forno. Verifica-se claramente a melhor eficiência dos fornos microondas.

## INDO ALÉM

### Mito ou verdade

Esse tópico foi inserido por curiosidade sobre as superstições de cada forno citado neste trabalho, de forma a procurar uma justificativa com base científica a cada umas das perguntas, que deparamos no dia-a-dia. A fundamentação das respostas foi retirada dos livros (com modificações):

- *O que Einstein disse ao seu cozinheiro: A ciência na cozinha (inclui receitas)*. WOLKER, Robert L. Tradução de Helena Londres. Editora: Jorge Zahar. Rio de Janeiro, 2003;
- *Um cientista na cozinha*. THIS, Hervé. Tradução de Marco Bagno. Editora: Ática. São Paulo, 2006; e
- *Da página Além do Sistema Solar*, acessado em 29/05/2008 e disponível em: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/aprendendo-basico/alem-do-sistema-solar/alem-do-sistema-solar.htm>.

1. Ao usar o forno de microondas, o alimento a ser aquecido torna-se radioativo?

Mito, pois as energias de radiação são baixas para causar reações nucleares. (WOLKER, p. 268)

2. Guardar alimentos no forno microondas faz mal?

Mito, porque quando o magnetron desliga as microondas desaparecem como a luz, quando você apaga uma lâmpada. (WOLKER, p. 224)

3. Cozinhar no forno microondas destrói os nutrientes do alimento?

Mito, mas o calor pode destruir a vitamina C, não importa como o alimento foi cozido. (WOLKER, p. 229)

4. A refeição aquecida no forno microondas ao esfriar endurece?

Verdade, porque para aquecer um alimento neste forno é necessária a presença de moléculas de água. E uma vez aquecida, as moléculas de amido ligadas à água se cristalizam liberando parte das moléculas de água. (THIS, p.189)

5. É perigoso aquecer água no forno microondas?

Verdade, pois a água ainda não atingiu uma fervura plena, e pode ser uma armadilha porque com uma sacudidela o líquido pode achar seu ponto de nucleação (um número

suficiente de moléculas se encontram num ponto e formam uma bolha de vapor), e tudo ferve subitamente. (WOLKER, p. 226)

6. Ao abrir a porta do forno a gás, antes do tempo, o bolo murcha?

Verdade, o forno só pode ser aberto após o cozimento porque as bolhas de ar e vapor se dilatam em altas temperaturas e qualquer variação corre o risco delas se contraírem, murcharem rapidamente, assim o bolo afunda. (THIS, p.62,167)

7. A chama do gás fica amarela porque o gás está acabando?

Verdade, essa resposta fundamenta-se na cor das estrelas, que varia de acordo com a idade. Uma estrela gigante vermelha é mais velha do que uma estrela como o nosso Sol, amarelo, que por sua vez é mais velha que uma estrela branca como Sírius, a mais brilhante do céu noturno. Isso ocorre porque uma estrela jovem produz muito mais energia que uma velha. É como em um fogão: quando o gás está acabando, a chama fica amarela, e quando troca-se o botijão a chama volta a ficar azul. (Além do Sistema Solar, p.2)

8. A comida do fogão a lenha fica mais saborosa?

Mito e verdade. Na realidade vai de gosto. O possível motivo de se achar a comida do fogão a lenha mais saborosa do que em outro fogão, se deve ao fato do alimento demorar mais tempo para cozinhar, para homogeneizar e a fumaça proporciona uma defumação, dando um sabor a mais no alimento.

9. O alimento salgado aquece mais rápido no microondas do que um doce?

Verdade, porque o sal traz íons e as moléculas de água que hidratam esses íons se aquecem mais rapidamente. (THIS, p. 119)

## CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou analisar o funcionamento de vários modelos de fornos usados em nosso cotidiano, além de comparar a eficiência e as características dos mesmos. Para tanto foi necessário aplicar uma experimentação. Essa análise, verificada pelo Teste de Fervura da Água, mostrou a necessidade de se rever o uso de aparelhos domésticos defasados tecnologicamente, pois os mesmos levam a um gasto energético incompatível com a atual demanda mundial de eficiência energética.

Dessa forma, a aplicação do teste possibilitou indicar as melhores opções para economia financeira, ambiental e de tempo. Com base nesse conhecimento ressalta-se a necessidade de uma revisão cultural que visa o valor do produto em detrimento de sua qualidade, durabilidade e eficiência. Em consequência disso, tem-se um maior constrangimento, como o verificado nessa experimentação.

Com base nos dados obtidos através do presente trabalho podem-se classificar os dispositivos, quanto sua eficiência e economia, da seguinte forma:

- I. Forno de microondas 2
- II. Forno de microondas 1
- III. Forno a gás 1
- IV. Forno elétrico
- V. Forno a gás 2

Tendo em vista esta classificação verifica-se que o forno ideal é o microondas. Este, no entanto, não é utilizado pela maioria da população para cozimento e sim aquecimento rápido. Hábitos culturais e gostos regionais levam, ainda, a população ao uso de dispositivos com menor eficiência energética e até altos índices de poluição como no forno a lenha. Faz necessário então uma reformulação de alguns hábitos para se buscar meios mais eficientes de realizar o preparo dos alimentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, familiares e amigos por me apoiarem e serem pacientes. Ao meu orientador Paulo Brito por estar sempre dirimindo minhas dúvidas. Ao professor Armando por demonstrar confiança em mim. Aos demais professores por compartilharem seus conhecimentos. Aos técnicos do laboratório por aguçarem meu interesse por meio dos experimentos. E a Deus por nunca me abandonar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÔAS, Newton. DOCA, Ricardo. BISCUOLA, Gualter. *Tópicos de física 2: termologia, ondulatória e óptica*. 16ª ed. Reform. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2001.

BRITO, M. E. *A vida cotidiana no Brasil nacional: a energia elétrica e a sociedade brasileira (1930-1970)*. Rio de Janeiro: Centro de Memória da Eletricidade no Brasil, 2003.

BUSSOLA, Diego. A criação do mercado de electrodomésticos. *Diário Econômico*, p. 7, 2004.

DE AMORIM, Cláudia Souza. *Arbitragem como mecanismo alternativo na solução de conflitos pertinentes a contratos de concessão no Brasil junto ao setor de petróleo e gás natural*. Campos dos Goytacazes – RJ, 2006. Dissertação (Mestrado em Direito), Faculdade de Direito de Campos.

DONATO, H. *História dos usos e dos costumes do Brasil – 500 anos de vida cotidiana*. São Paulo: Melhoramentos, 2005.

FRANÇA BARBOSA, Alessandra Andrade. *et al.* Gás Natural: Breve história do energético no mundo e sua aplicação em São Paulo. Fundação Energia e Saneamento – São Paulo. 2008.

FURUKAWA, Cláudio Hiroyuki. *A energia como um tema de Estudos no ensino de Física no nível médio: uma abordagem interdisciplinar e contextualizada – um estudo de caso*. Dissertação (Pós-Graduação em Energia, IEE/EP/IF/FEA), Universidade de São Paulo.

GOMES, Laura Graziela. BARBOSA, Livia. *Culinária de papel*. SEMINÁRIO GASTRONOMIA EM GILBERTO FREYRE. CPDOC/FGV Estudos Históricos. Rio de Janeiro, n.º 33, p. 1-22, 2004.

GRAF. *Física 3: Eletromagnetismo*. 5ª ed. – 2ª reimp. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

MORAIS CAPECCHI, Maria Cândida Varone de. DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. DA SILVA, Dirceu. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de Física. *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*. V. 2, n.º 2, Dezembro 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGIA. *Efeito dos campos eletromagnéticos associados às torres de alta tensão e de rádio na saúde humana*. N.º014, 2002. Nota Técnica.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. CONSULTORIA JURÍDICA. Portaria Interministerial n.º 363, 2007.

REGEDOR, Ana Flores. HENRIQUES, Sofia Teives. *Energia no cotidiano: um olhar das nossas avós*. 2004

SANTORO MOREIRA, Maria Fernanda. *Você usa todas as funções de seu microondas? Análise ergonômica dos sistemas operacionais de fornos de microondas*. Florianópolis, 2001. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina.

THIS, Hervé. *Um cientista na cozinha*. Editora: Ática. São Paulo, 2006.

WOLKER, Robert L. *O que Einstein disse ao seu cozinheiro: A ciência na cozinha (inclui receitas)*. Editora: Jorge Zahar. Rio de Janeiro, 2003.

Disponível em:

<[http://www.inmetro.gov.br/imprensa/releases/forno\\_fogao.asp](http://www.inmetro.gov.br/imprensa/releases/forno_fogao.asp)> 02 mar. 2008.

Disponível em:

<<http://www.comciencia.br/reportagens/transgenicos/trans19.htm>> 02 mar. 2008.

Disponível em:

<[http://www.sindicatas.com.br/sala\\_imprensa/cartilha/download/](http://www.sindicatas.com.br/sala_imprensa/cartilha/download/)> 14 maio 2008.

Disponível em:

<<http://www.burgoseletronica.net/magnetron.htm>> 14 maio 2008.

Disponível em:

<<http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/aprendendo-basico/alem-do-sistema-solar/alem-do-sistema-solar.htm>> 29/05/2008.