

www.iber.ac.mz/boadfe

UNIVERSIDADE PEDAGÓGICA
DELEGAÇÃO DA BEIRA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

TRABALHO DE DIPLOMA

**ESTUDO SOBRE O
FOGÃO A CARVÃO VEGETAL E O
ENSINO DA FÍSICA EM MOÇAMBIQUE**

AUTOR: Alfiado Victorino

UNIVERSIDADE PEDAGÓGICA
DELEGAÇÃO DA BEIRA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA.

TRABALHO DE DIPLOMA

TÍTULO:

ESTUDO SOBRE O FOGÃO A CARVÃO VEGETAL E O ENSINO DE FÍSICA
EM MOÇAMBIQUE.

AUTOR: ALFIADO VICTORINO
TUTOR: dr. MANUEL RAPOSO.

BEIRA, JUNHO DE 1995

DECLARAÇÃO DE HONRA

DECLARO QUE A ELABORAÇÃO DESTE TRABALHO DE DIPLOMA FOI DA MINHA AUTORIA E QUE TODAS AS FONTES BIBLIOGRÁFICAS E INFORMAÇÕES UTILIZADAS NO MESMO ESTÃO INDICADAS NO CAPÍTULO DA BIBLIOGRAFIA.



ALFIADO VICTORINO

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos que directa ou indirectamente contribuíram para que este trabalho decorresse com êxito:

Ao meu tutor dr. Manuel Raposo pelo apoio incondicional que me prestou e pelas observações úteis que foi dando ao longo da realização deste trabalho.

Ao dr. Gil G. Mavanga.

Ao dr. Evaristo Uaila.

Ao dr. João B. Fenhane.

Ao eng^o Vítor Neves (Ministério de Indústria e Energia-Departamento de Energia).

Ao eng^o Carlos Lucas (UEM-Dept^o de Engenharia Química).

A direcção das TDM-Divisão da Área da Beira.

A direcção da PROMAC-Beira,

Ao eng^o António E. Matavele (Ermoto-Beira).

~~Aos Serviços provinciais de Florestas e Fauna Bravia.~~

A Direcção Distrital de Agricultura-Nhamatanda.

Aos meus professores que me têm ensinado a perceber o alcance da ciência em geral e da Física em particular.

Quero também agradecer o apoio moral prestado pelos meus familiares, colegas e amigos, em particular o Sr. Salvador Siteo.

Finalmente, dedico um agradecimento especial a minha "Companheira" Hírdina M. Fabião Lineco e a minha filha Elsa Cristina Victorino.

Dedicatória

Em memória do meu querido e saudoso pai
VICTORINO CHIBULACHE CHISSICO.

ÍNDICE

Conteúdo	Página
RESUMO	
Introdução	1
1. Enquadramento do Trabalho	1
2. Apresentação do Problema	2
3 Hipótese de resolução do Problema	3
4. Objectivos do Trabalho	3
<i>Mineralogia</i>	
CAPÍTULO I	
1.Fundamentos Teóricos	4
1.1. Energia e Suas Fontes	4
1.1.1.Carvão Mineral	4
1.1.2 Gás Natural	5
1.1.3. Petróleo	5
1.2. Recursos Energéticos da Biomassa	6
1.2.1. O carvão Vegetal e Suas Propriedades	8
1.3. Fogão Como Fonte de Calor	9
1.3.1. Processos de Transmissão de Calor	9
1.3.1.1. Condução	10
1.3.1.2. Convecção	10
1.3.1.3. Radiação	11
a) Calor libertado durante a Combustão	12
b) Calor Absorvido Pela Água	12
c) Calor Latente de Vaporização	13
1.3.2. Rendimento do Fogão a Carvão Vegetal	13
1.3.2.1. Potência do Fogão	14
1.3.2.2 Consumo Específico	14
1.4. Descrição do Teste de Fervura de água	14
1.5. Cálculo de Erros	15
1.5.1. Valor médio	15
1.5.2. Desvio Padrão	15
1.5.3. Intervalo de Confiança	15
CAPÍTULO II	
2. Desenvolvimento do Trabalho realizado	17
2.1. Produção de Carvão Vegetal na Província de Sofala	17
2.1.1. Espécies de árvores abatidas	22
2.1.2. Sobre os Fornos Observados	22
2.2. Produção e Utilização do Fogão a Carvão Vegetal	24

2.3. Determinação Experimental do Rendimento do Fogão a Carvão Vegetal	25
2.3.1. Material Usado	25
2.3.2. Procedimento Experimental	25
2.3.3. Análise dos Resultados do Teste de Fervura da água	27
2.4. Construção do Protótipo	30
2.4.1. Análise dos Resultados do Teste de fervura da água para o protótipo	31
2.4.2. Análise comparativa dos Resultados do Teste de Fervura	33
a) Teste de Controle de Cozedura (CCT)	34
b) Teste do Nível de Qualidade de Cozinha (KPT)	34

CAPÍTULO III

3. Fogão a Carvão Vegetal no Processo de Ensino da Física Escolar	35
3.1. Proposta das experiências em Termodinâmica.	36
3.1.1 Experiências Demonstrativas	37
Tema A: Medição da temperatura dos corpos	37
Tema B: Dilatação Térmica dos Corpos	38
Tema C: Modalidades de Transmissão de Calor	40
3.1.2. Experiências Laboratoriais	43
Tema A: Calor Específico de Um Corpo Sólido	43
Tema B: Quantidade de Calor Absorvido por um Corpo	46
Tema C: Estudo do Equilíbrio Térmico	48
Tema D: Determinação da Capacidade Calorífica de um calorímetro	50
Tema E: Mudanças de Fase	52
Conclusões	56
Recomendações	57
Bibliografia	59
ANEXOS:	

ANEXO1- Folha de Dados e Cálculos (WBT) A1.1

ANEXO2- Resultados do Teste de Fervura da água A2.2

ANEXO3- Resumo Estatístico dos Resultados do Teste de Fervura da água A3.1 2

ANEXO4- Tabela da Estimativa da Diferença dos Valores Esperados A4.1 5

ANEXO5- Tabela dos Calores Calculados A4.15

Resumo

O presente trabalho está integrado numa das áreas de investigação definidas pelo Departamento de Física da Universidade Pedagógica-Delegação da Beira: a área das **Energias**. Assim, o desenvolvimento do mesmo está orientado de seguinte modo:

-Estudo do rendimento do fogão a carvão vegetal, tendo em vista o seu melhoramento, como forma de racionalizar o consumo dos combustíveis bioenergéticos (em particular o carvão vegetal).

-Análise da possibilidade de introdução do mesmo fogão no processo de ensino da Física.

De acordo com a linha de orientação adoptada, este trabalho apresenta a seguinte estrutura:

1. Fundamentos Teóricos

Neste capítulo faz-se uma abordagem sucinta das diferentes fontes de energia existentes no mundo com maior destaque as **NÃO RENOVÁVEIS** para mostrar as propriedades mais características destes combustíveis (impacto ambiental e disponibilidade limitada); Ao mesmo tempo mostra-se aqui a relevância da biomassa como fonte de energia para Moçambique.

No domínio da biomassa, destaca-se (por força do próprio tema) o Carvão Vegetal pela apresentação de algumas características importantes deste recurso.

É também nesta parte do trabalho onde se apresenta a descrição do método usado no estudo da eficiência do fogão a carvão vegetal-**O TESTE DE FERVURA DA ÁGUA**.

Este capítulo encerra com o aparelho Físico-Matemático (Conceitos, leis e fórmulas) que permite não só, perceber o balanço energético de fogão a carvão vegetal, mas também estudar o desempenho deste dispositivo.

2. Trabalho realizado

O trabalho realizado consistiu basicamente em:

-Elaborar a base teórica do trabalho.

-Observar o processo de produção de carvão vegetal na província de Sofala mais precisamente na localidade de Jasse-Distrito de Nhamatanda.

-Pesquisar o processo de produção e utilização de fogão a carvão vegetal na cidade da Beira.

-Estudar experimentalmente o rendimento de um dos fogões mais usados nesta

cidade-o fogão a carvão vegetal de uma boca quadrada.

-Projectar, construir e testar um fogão-protótipo.

-Analisar a possibilidade da introdução do fogão a carvão vegetal no processo de ensino da Física escolar- Esta actividade consistiu em:

Análise dos actuais programas de ensino de Física.

Visita aos laboratórios de Física de algumas escolas da cidade da Beira.

Construção do fogão para experiências de Física escolar (versão escolar do Protótipo).

Preparação e realização de algumas experiências da termodinâmica usando a versão escolar do protótipo construído.

-Análise dos resultados e formulação de conclusões e recomendações.

Introdução

1. Enquadramento do Trabalho

A base de concepção e realização deste trabalho consiste fundamentalmente em dois factos:

i) Cerca de 90% da população moçambicana serve-se dos recursos da biomassa para satisfazer as suas necessidades energéticas (cozinhar, aquecer-se, etc.).

ii) A disponibilidade dos combustíveis lenhosos em Moçambique em geral não é satisfatória (Munslow, 1984, p.27).

É óbvio que (ainda) não se pode falar em crise generalizada de energia; Entretanto se factores como crescimento demográfico— demanda de energia-impacto ambiental, não forem correctamente conjugados, o país poderá enfrentar problemas para garantir suprimentos adequados e confiáveis de energia (da biomassa) a preços razoáveis.

Perante um quadro desta natureza, de acordo com Prasard (1987, p.1) a solução consiste em:

- Plantar mais árvores
- Incrementar o uso de outras fontes
- utilizar racionalmente os combustíveis lenhosos disponíveis.

Como se pode depreender, o presente trabalho insere-se no 3º item. Portanto, este trabalho enquadra-se no conjunto de acções que têm sido levadas a cabo um pouco por todo o país, visando criar condições (em termos de métodos e meios materiais) capazes de induzir a população a usar eficiente e racionalmente os recursos energéticos disponíveis.

Por outro lado, dada a fraca actividade experimental nas aulas de Física, que se verifica em quase todas as escolas da cidade da Beira, devido a falta de material de experiências, o presente trabalho pretende mostrar que o fogão a carvão vegetal poderá até um certo ponto resolver o problema da falta de fontes de calor e, desse modo, incentivar a comunidade escolar (professores de Física em particular) a aproveitar no máximo os recursos locais disponíveis na solução de problemas ligados à falta de meios didácticos.

Portanto no âmbito didáctico-pedagógico, este trabalho pretende contribuir em acções concretas visando o melhoramento do ensino da Física (em

particular a Termodinâmica), através da:

- Introdução do fogão a carvão vegetal no processo de ensino da Física.
- Elaboração de protocolos para experiências da Termodinâmica.

2. Apresentação do Problema.

A energia é um item básico para a vida e, por isso mesmo, a forma como os recursos energéticos disponíveis num dado país são aproveitados, é em geral um factor determinante para o desenvolvimento integral do mesmo. Ora, atendendo que o crescimento populacional (que é uma realidade em Moçambique) é sempre acompanhado por uma demanda de energia cada vez maior e que a maior parte da população moçambicana usa os combustíveis da biomassa, podemos situar o problema associado ao consumo destes nos seguintes termos:

- 1) A exploração massiva dos combustíveis provenientes da biomassa (lenha e carvão em particular) além da escassez que possa advir, pode por outro lado provocar sérios problemas tais como desgaste e erosão dos solos, desaparecimento de certas espécies da flora e conseqüentemente da fauna.
- 2) A conseqüente escassez destes recursos obriga a população por um lado a percorrer grandes distâncias durante a colecta e por outro cria condições para o agravamento do preço por unidade de compra, abalando desse modo a economia doméstica do consumidor.
- 3) O baixo rendimento dos fogões usados além de contribuir para o uso excessivo dos recursos, torna estes dispositivos em potenciais causadores de doenças (há provas de que a concentração de monóxido de carbono, gás poluente que se encontra no fumo libertado pelos fogões pode atingir níveis perigosos à vida dos utentes (Ambio vol.14 nº 4-5; p. 285)

Por outro lado, a falta de meios materiais (em particular as fontes de calor) para a realização de experiências nas escolas, poderá comprometer em grande medida os objectivos traçados nos programas de ensino da Física.

Como resultado da reflexão sobre os factos a cima citados surgem perguntas do género:

Como alcançar a racionalização e eficiência no uso do carvão vegetal?

Que papel poderá desempenhar o fogão a carvão vegetal no processo de ensino da Física escolar (em particular no tratamento da Termodinâmica na 9ª e 12ª classe)?

3. Hipótese de resolução do Problema

Num conjunto vasto de acções que podem ser realizadas para resolver o problema, achamos que a solução que de um modo mais abrangente poderá contribuir na resolução do problema colocado é:

- Melhorar o funcionamento do fogão a carvão vegetal, isto é aumentar o seu rendimento térmico que se manifesta pela diminuição do consumo específico e pelo aumento da potência desse fogão.
- Introduzir o fogão a carvão vegetal no processo de ensino da Física nas escolas que enfrentam problemas de falta de meios materiais para a realização de experiências (em particular as escolas situadas nas zonas rurais).

4. Objectivos do Trabalho

Para resolver o problema colocado neste trabalho, definem-se os seguintes objectivos:

- Estudo do rendimento dos fogões a carvão vegetal usados na cidade da Beira.
- Projectão, construção e teste de um protótipo de maior rendimento (menor consumo de carvão).
- Análise da possibilidade de introdução do fogão a carvão vegetal no processo de ensino da Física (Termodinâmica em particular).

I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Energia e suas fontes

Etimologicamente o vocábulo é formado por "en" (em dentro) e "nergon" (acção), portanto, energia é acção interior. Em Física esta é entendida como a capacidade de realizar trabalho. As fontes de energia são diversas podendo-se contudo agrupá-las em duas grandes categorias: as **renováveis** e **não renováveis** (veja-se o diagrama a seguir)

Fontes de energia

<u>renováveis</u>	<u>não renováveis</u>
Energia Solar	Petróleo
Energia Hidrica	Carvão Mineral
Energia Geotérmica	Gás Natural
Energia da Biomassa	Energia Nuclear
etc.	etc.

Sem menosprezar as outras fontes de energia e atendendo ao facto de que em quase todo o mundo em particular nos países subdesenvolvidos, os combustíveis mais explorados provêm das fontes não renováveis, vamos analisar a disponibilidade, limite e o impacto ambiental de algumas destas fontes (especialmente as mais usadas entre nós) com o objectivo de melhor nos situarmos dentro do problema.

1.1.1. Carvão Mineral

Do latim "carbone" provém o nome. O carvão mineral é conhecido e aplicado há dois mil anos; mesmo assim, peritos no assunto asseguram nos que teremo-lo em relativa abundância por mais dois séculos.

Barato por unidade de energia, o carvão mineral é um dos combustíveis fósseis com efeitos ambientais bastante nefastos. Com efeito, da sua combustão resulta a formação do dióxido de carbono (CO_2) que pode reagir com a água sendo o composto resultante, o ácido carbónico (H_2CO_3) um grande agente poluidor e muito prejudicial à saúde. A mineração do carvão mineral a céu aberto provoca sérios problemas ecológicos tais como: baixamento do lençol freático, degradação da qualidade das águas

provocada pelas águas ácidas da mineração, erosão dos solos entre outros.

1.1.2. Gás Natural

É um hidrocarboneto que tem por base o metano. Com alto poder calorífico, é também um dos combustíveis conhecidos desde a antiguidade, embora a sua exploração massiva tenha começado a partir de 1945. Estimativas indicam que as reservas conhecidas deste combustível esgotarão dentro de cinquenta anos (Satchwell, 1983, p.9). Igual que os outros combustíveis fósseis, o gás natural tem um impacto ambiental negativo devido à poluição que acompanha o processo de prospecção e exploração, adicionados aos custos da sua produção.

1.1.3. Petróleo

A exploração do "ouro negro", como também se designa o petróleo, começou na Pensilvânia (EUA) no ano de 1859. Com a maioria das suas reservas mundiais no Golfo Pérsico, o petróleo é considerado um dos combustíveis mais barato de transportar mesmo em relação ao gás natural. Originalmente as reservas de petróleo normal eram calculadas em 10^{12} barris dos quais já se gastou $4,5 \cdot 10^{11}$. Assim, no fim do século a quantidade de petróleo extraído do solo para as principais nações industrializadas não deverá ultrapassar os $4,5 \cdot 10^7$ barris por dia, isto é, menos do que se gasta actualmente. Mas nessa altura a procura do petróleo para fazer proteínas para rações, medicamentos, plásticos etc. terá aumentado enormemente (Piper, 1981, p.36).

Por outro lado, o carregamento, o transporte, bem como a produção marinha, causam sérios problemas ao meio ambiente que resultam na cobertura de grande extensões oceânicas por espessas películas de óleo afectando desse modo a vida das populações locais e as espécies marinhas. A catástrofe provocada pelo petroleiro Katina P quando em abril de 1992 se afundou em águas territoriais moçambicanas, é um exemplo mais que elucidativo sobre esse facto.

Como resultado desta breve análise conclui-se que: as fontes de energia não renováveis são ecologicamente inviáveis e de disponibilidade limitada; Por conseguinte, elas não poderão satisfazer a demanda de energia por

longo prazo. Daqui surge a necessidade de estudar e adoptar estratégias energéticas correctas que possam assegurar uma vida harmoniosa às gerações vindouras.

De acordo com as potencialidades energéticas de Moçambique e segundo a dinâmica actual de consumo, é óbvio que o nosso país continuará por um prazo relativamente longo, a depender dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural). Ora, pelas razões a cima citadas, pensamos que paralelamente, deve-se incentivar o estudo e desenvolvimento de tecnologias que permitam usar eficiente e racionalmente as fontes de energia renováveis em especial as que garantem maior protecção ambiental, assim como as que apresentam vantagens no transporte e utilização de energia.

Segundo esta linha de pensamento e em harmonia com os objectivos do presente trabalho, concentraremos a nossa atenção na **Biomassa**.

1.2. Recursos energéticos da Biomassa

A biomassa constitui o conjunto dos recursos energéticos provenientes dos reinos animal e vegetal tais como madeira, carvão vegetal, resíduos agrícolas, excrementos, etc.

A biomassa como recurso energético assume um papel relevante para o nosso país; não só pelo facto de ser uma fonte renovável mas também porque:

-A população tem uma longa experiência no uso dos combustíveis bioenergéticos, e isso, pode de certa forma facilitar quaisquer acções tanto para conservação como para poupança de energia.

-A cultura destinada à produção de energia pode ser plantada nas proximidades do local de consumo, eliminando assim os custos de transporte de energia.

-A produção e queima dos combustíveis oriundos da biomassa minimiza o problema dos resíduos dos combustíveis em geral.

-Actualmente, são conhecidas técnicas para o aumento da eficiência dos dispositivos de queima dos combustíveis bioenergéticos (Luiz, 1985, p.11).

Em Moçambique há evidências de ser a biomassa o recurso mais explorado; dados do Ministério da Agricultura (1980) indicam que cerca de 90% da população depende deste tipo de combustíveis e que os mesmos

representam cerca de 80% da energia total consumida, da qual 45% é usada para fins domésticos; E mais; tomando como base o ano de 1980 constata-se no trabalho de Munslow (1984, p.21) que o consumo de lenha e carvão quer nas zonas rurais como nas zonas urbanas duplicará no ano 2000, e que além dos sectores supracitados, a indústria e o comércio dependem também de modo significativo do carvão e da lenha.

Pelo que podemos concluir dizendo que Moçambique teve, tem e terá na biomassa uma das suas fontes básicas de energia.

Entretanto a situação em termos de disponibilidade dos recursos bioenergéticos vista separadamente varia de de uma província a outra. Na província de Sofala com base em estudos feitos no princípio da década passada (Munslow, 1984, p.27), constatamos que a situação em termos de combustíveis lenhosos foi classificada de **Pouco satisfatória**. Actualmente, dados dos Serviços Provinciais de florestas e Fauna Bravia mostram por um lado, uma queda vertiginosa do volume de lenha cortada e por outro uma queda embora que suave do volume de carvão explorado nos últimos quatro anos.(fig.1)

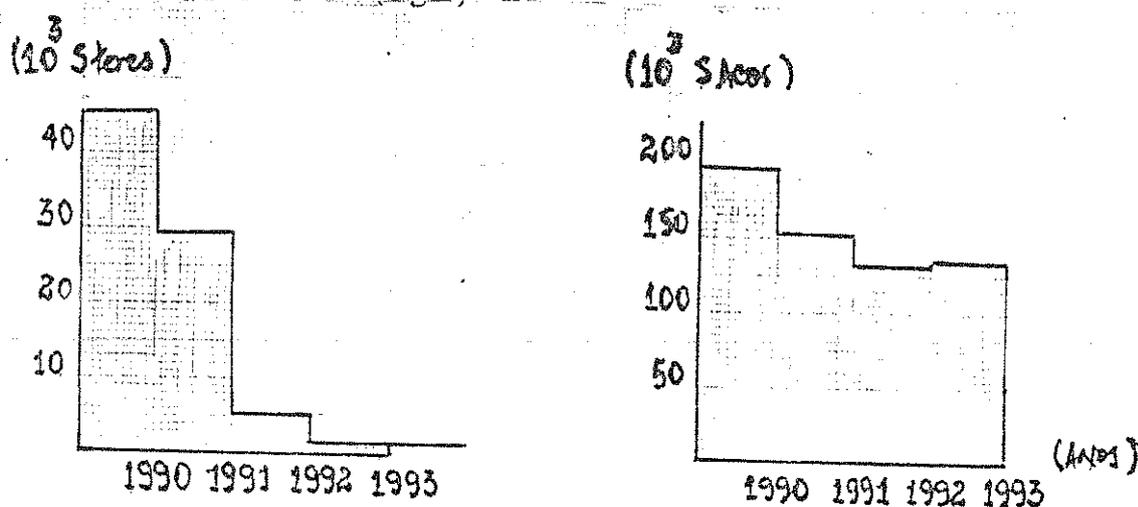


Fig.1 Volume de lenha e carvão vegetal explorado em Sofala

Fonte: Serviços Provinciais de Florestas e Fauna Bravia

Com base nestes gráficos podia se concluir que o consumo de lenha e carvão vegetal em Sofala é simplesmente baixo. Porém, tal conclusão seria errónea. Mesmo aceitando que ultimamente a população tem recorrido ao abate do mangal para satisfazer as suas necessidades energéticas, preterindo desse modo o uso da lenha e do carvão, o comportamento destes

gráficos é bastante **ilusório**, pois contrariamente ao que eles nos mostram o consumo de lenha e carvão na província de Sofala e na cidade da Beira em particular subiu consideravelmente devido ao aumento do fluxo de pessoas do campo para cidade e da carência ou escassez dos combustíveis petrolíferos (petróleo e gás). O que acontece é que os Serviços Provinciais de Florestas e fauna Bravia, segundo uma fonte daqueles serviços não conseguem (por falta de meios) controlar eficazmente toda a actividade de exploração daqueles recursos, de forma a reportar fielmente a dinâmica do consumo dos mesmos.

1.2.1. Carvão Vegetal e suas propriedades.

De acordo com a sua natureza o carvão pode ser dividido em dois grupos: Carvão natural e Carvão artificial.

Os carvões naturais são: Turfa, Lenhite, Hulha e Antracite. São carvões artificiais, o carvão de madeira (ou vegetal), o coque, o carvão de retortas, o carvão animal, o carvão de açúcar e o negro-de-fumo (Teixeira, s/d, p.90).

O carvão vegetal resulta da combustão incompleta da madeira e, por isso, é também chamado carvão de madeira. É formado essencialmente de carbono tendo uma pequena percentagem de materiais voláteis (hidrocarbonetos e hidrogénio) componentes orgânicos existentes na madeira e na água (Enciclopédia Luso-Brasileira, 1966, p.1271).

A seguir mencionamos algumas características importantes do carvão vegetal (Sousa, 1947, p. 132):

a) Oxidação e Combustão.

A Oxidação do carvão vegetal pelo oxigénio começa a temperaturas reduzidas aumentando rapidamente com a temperatura. Da sua combustão forma-se o anidrido carbónico mas se for incompleta (em atmosfera deficiente de oxigénio) também ocorre a formação do monóxido de carbono. A carbonização deixa como resíduos algumas cinzas (cerca de 2% do peso do carvão). O seu ponto de inflamação é função da densidade e da condutibilidade.

Note-se que, quando pulverizado, o carvão pode inflamar-se espontaneamente pela simples absorção de oxigénio e mesmo do azoto do ar, que proporcionam o aquecimento necessário e a consequente combustão.

b) Densidade.

Esta depende da madeira usada e da temperatura de combustão.

c) Poder Absorvente.

O carvão é um absorvente enérgico de gases; daí a sua aplicação como desodorizante. É também descolorante. Devido ao seu elevado poder de absorção, é largamente usado como desinfectante em poços, fossas, minas e na filtração e tratamento da água, e, principalmente, nas máscaras contra gases asfixiantes.

d) Higroscopicidade (capacidade de absorção de humidade).

O seu grande poder de absorção também se exerce sobre a água; em poucas horas o carvão recém-preparado pode absorver 4 a 16% de água. A absorção é rápida no princípio, decorrendo a seguir lentamente até a saturação.

e) Poder Radiante e Condutibilidade.

A relação entre o poder radiante e o calor total na combustão do carvão vegetal é igual a $\frac{1}{1,78}=0,56$.

f) Outras Características.

Em geral, o carvão conserva sempre a estrutura da madeira-mãe mas com redução de volume; é quebradiço e friável isto é, reduz-se facilmente em pó. As altas temperaturas durante a carbonização aumentam a dureza, sonoridade e a cor preta quase vítrea. A baixo de 270 °C a carbonização da madeira é incompleta e o carvão assim produzido queima fazendo muita fumaça em consequência do seu elevado teor de gases.

De 270 °C a 300 °C a carbonização é completa e o carvão assim produzido é bem preto, duro, relativamente sonoro e pulverizável. É o tipo de carvão que mais convém para a preparação de pólvora de caça.

A 350 °C é obtido carvão duro, sonoro, e usado para pólvora de guerra.

A cima destas temperaturas, o carvão é cada vez mais duro e mais preto.

1.3. Fogão como Fonte de Calor

1.3.1. Processos de Transmissão de Calor⁽¹⁾

Dado que a determinação do rendimento de um certo sistema físico exige o

(1) Neste trabalho, os calores perdidos por condução, convecção e por radiação não são calculados por razões que se prendem com a falta de termómetros sensíveis e adequados para avaliar a temperatura interna e externa do fogão.

conhecimento de todas energias envolvidas no processo em que este se encontra integrado, vamos em princípio analisar as diferentes modalidades de transmissão de calor que ocorrem neste tipo de fogões, para desse modo e, com base na energia fornecida ao fogão, identificar a energia efectivamente aproveitada para o fim previsto, assim como a energia perdida. Para o efeito buscaremos alguns conceitos básicos da teoria de transmissão de calor.

A transmissão de calor é o processo de transferência de energia de um ponto para outro como resultado da diferença de temperaturas entre eles. São conhecidas três modalidades básicas de transmissão de calor: **Condução, Convecção e Radiação.**

1.3.1.1. Condução

É o mecanismo pelo qual o calor flui de uma região de alta temperatura para outra de temperatura baixa dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contacto físico. Neste processo, a energia é transmitida por meio de comunicação molecular directa, sem apreciável deslocamento das moléculas.

Durante a condução calorífica, verifica-se que a quantidade de calor transmitida Q é proporcional á área A da camada através da qual se realiza o processo, ao intervalo de tempo t e a diferença de temperatura ΔT entre as duas faces da camada, sendo inversamente proporcional á espessura d :

$$Q = K \cdot A \cdot t \cdot \frac{\Delta T}{d} \quad (1) \quad \text{onde, K-condutividade do material.}$$

1.3.1.2. Convecção

Chama-se convecção à troca de calor efectuada durante o processo de deslocamento de camadas de um fluído desigualmente aquecidas sob acção da força de gravidade.

A partir das temperaturas ambiente T_{amb} e da superfície do fogão T_s , calcula-se o calor perdido por convecção com ajuda da lei de esfriamento de Newton:

$$Q_{conv} = hc \cdot A (T_s - T_{amb}) \cdot \Delta t \quad (2) \quad \text{onde:}$$

T_s -temperatura da superfície do fogão (K)

T_{amb} -temperatura ambiente (K)

Δt -intervalo de tempo que dura o processo (s)

h_c -coeficiente de transmissão de calor por convecção. Este, é um coeficiente com o qual se tenta representar o efeito do conjunto já que depende necessariamente da composição do fluído e da natureza geométrica do movimento do fluído ao longo da superfície. A sua determinação passa pela análise tanto das leis de condução como das leis da dinâmica dos fluidos (Chapman, 1968, p.13).

1.3.1.3. Radiação

A radiação térmica é a radiação electromagnética emitida pela superfície de um corpo que tenha sido termicamente excitado. Esta radiação electromagnética se emite em todas direcções e quando incide sobre outro corpo uma parte da mesma pode ser absorvida, outra reflectida e outra transmitida.

Dado que a radiação térmica pertence a um fenómeno de carácter geral torna se importante classificar as emissões da energia radiante em função do comprimento de onda, tomando-as como uma onda electromagnética que se propaga no vácuo a uma velocidade $C=3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$; assim, teremos (Chapman, 1968, p.327):

Raios Cósmicos:	$\lambda =]4 \cdot 10^{-13}] \text{ m}$
Raios Gama	$\lambda = [4 \cdot 10^{-13} ; 1,4 \cdot 10^{-10}] \text{ m}$
Raios x	$\lambda = [10^{-11} ; 2 \cdot 10^{-8}] \text{ m}$
Raios Ultra.Violeta	$\lambda = [10^{-8} ; 3,9 \cdot 10^{-7}] \text{ m}$
Luz Visível	$\lambda = [3,9 \cdot 10^{-7} ; 7,8 \cdot 10^{-7}] \text{ m}$
Raios Infra Vermelhos	$\lambda = [7,8 \cdot 10^{-7} ; 10^{-3}] \text{ m}$
Raios Caloríficos	$\lambda = [10^{-7} ; 10^{-4}] \text{ m}$
Ondas de Rádio e Hertzianas	$\lambda = [10^{-3} ; 2 \cdot 10^4] \text{ m}$

Como se pode ver a radiação térmica se define como a zona do espectro da energia radiante compreendida entre os comprimentos de onda de 10^{-7} a 10^{-4} m.

Tomando o fogão como um corpo cinzento de área A , poder emissivo ϵ e admitindo que a superfície do meio envolvente (ar neste caso) é muito maior que A , calcula-se o calor perdido por radiação através da relação (Chapman, 1968, p.365):

$$Q = \sigma \cdot A \cdot \epsilon \cdot [T_s^4 - T_{amb}^4] \cdot \Delta t \quad (3) \quad \text{onde:}$$

σ -Constante de Stefan-Boltzman; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

T_s -temperatura da superfície do fogão (K)

T_{amb} -temperatura ambiente (K)

Δt -intervalo de tempo que dura o processo (s)

ϵ -poder emissivo da chapa de que é feito o fogão.

Além dos calores supracitados, durante o funcionamento do fogão outros, devem ser considerados para a efectivação do balanço energético:

a) Calor libertado durante a combustão (Q_{lib})

Combustão é a combinação de qualquer elemento com o oxigénio, que é acompanhado pela libertação de calor e chama; durante este processo independentemente dos combustíveis aplicados, libertam-se grandes quantidades de calor que são aproveitados para diferentes fins. A experiência mostra que a quantidade de calor libertado Q_{lib} por combustão, mede-se pela quantidade de calor libertado durante a combustão total de uma unidade de massa do combustível (Jdanov, 1985, p.89):

$$Q_{lib} = B_c \cdot m_{cc} \quad (4) \quad \text{onde:}$$

m_{cc} -massa do carvão consumido (kg)

B_c -Poder calorífico do carvão vegetal; $B_c = 2,97 \cdot 10^7 \text{ Jkg}^{-1}$ (Energy Basics, 1988, p.24).

b) Calor absorvido pela água (Q_{ab})

É o calor necessário para elevar a temperatura de uma certa massa de água até à ebulição. Este calor depende da massa e da temperatura inicial da água:

$$Q_{ab} = m_{ia} \cdot c_a (T_{fa} - T_{ia}) \quad (5) \quad \text{onde:}$$

m_{ia} -massa da água no início do teste (kg)

c_a -calor específico da água; $c_a = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

T_{fa} -temperatura final da água (K)

T_{ia} -temperatura inicial da água (K)

c) Calor (latente) de vaporização (Q_{vap})

É a quantidade de calor necessária para transformar uma certa massa de água em vapor:

$$Q_{vap} = \Delta m_a \cdot L \quad (6) \quad \text{onde:}$$

Δm_a -massa de água evaporada (kg)

L-calor latente de vaporização, $L = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$

1.3.2. Rendimento do fogão a carvão vegetal

O rendimento de um sistema qualquer é uma grandeza que caracteriza a sua eficiência e é dado pela razão entre a energia útil e a energia motora (fornecida). O rendimento do fogão a carvão vegetal é dado pela relação entre a quantidade de calor Q_{ef} utilizado efectivamente para o fim previsto (cozinhar) e a quantidade de calor Q_{lib} libertado durante a combustão:

$$\eta = \frac{Q_{ef}}{Q_{lib}} \quad (7)$$

De acordo com o balanço energético, para o fogão a carvão vegetal resulta que:

$$Q_{ef} = Q_{ab} + Q_{vap} \quad (8).$$

Pelo que a equação (7) pode ser reescrita na forma:

$$\eta = \frac{Q_{ab} + Q_{vap}}{Q_{lib}}$$

E, por força das equações 4, 5 e 6 a relação anterior, toma o seguinte aspecto:

$$\eta = \frac{m_{ia} \cdot c_a (T_{fa} - T_{ia}) + \Delta m_a \cdot L}{B_c \cdot m_{cc}} \quad (9)$$

Neste trabalho, o rendimento do fogão a carvão vegetal será calculado com

ajuda do teste de fervura da água (WBT).

Para completar a informação sobre a eficiência do fogão que se obtém através deste teste, outras duas grandezas são calculadas:

1.3.2.1. Potência do fogão

Exprime a quantidade de calor liberta pelo carvão por unidade de tempo:

$$P = \frac{Q_{lib}}{t} = \frac{B_c \cdot m_{cc}}{t} \quad (10)$$

1.3.2.2. Consumo Específico

É a razão entre a massa de carvão consumido e a massa de água evaporada.

$$C_e = \frac{m_{cc}}{\Delta m_a} \quad (11)$$

1.4. Descrição do Teste de Fervura de Água (WBT).

O teste de fervura da água é uma curta e simples simulação do procedimento padrão de cozedura de alimentos. Ele mede a lenha ou carvão consumido e o tempo necessário para simular o processo de cozedura. Este teste é usado na comparação rápida do funcionamento de diferentes fogões ou do mesmo fogão sob diferentes condições operatórias.

O WBT (Water Boiling Test) usa água para simular comida numa quantidade padrão de 2/3 da capacidade total da panela. O teste inclui as fases de Alta Potência (A.P.) e de Baixa potência (B.P.).

A fase de alta potência envolve o aquecimento da quantidade padrão de água desde a temperatura ambiente até a ebulição o mais rápido possível e manter essa ebulição na alta potência durante 15 minutos.

A fase de baixa potência é a seguinte: A potência do fogão é reduzida a um nível mais baixo, suficiente para manter a água a 2°C abaixo da temperatura normal de ebulição durante um período de uma hora (60 minutos).

Neste trabalho o WBT é repetido 7 vezes e os resultados resumidos estatisticamente. Para mais detalhes sobre o teste de fervura de água veja o parágrafo 2.3.

1.5. Cálculo de Erros

Para obter uma informação estatisticamente credível em relação às grandezas calculadas ao longo dos testes, usaremos algumas noções da teoria de erros

1.5.1. Valor Médio (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i \quad (12)$$

1.5.2. Desvio Padrão (S)

Exprime o desvio dos n valores de medição X_i do seu valor médio \bar{X} :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (13)$$

1.5.3. Intervalo de Confiança (IC)

Se numa amostra de volume n, se obtém uma média experimental \bar{X} e desvio padrão S; o intervalo de confiança que contem o parâmetro desconhecido X com uma dada probabilidade $\gamma^{(2)}$ é (Gmurman, 1983, p.219):

$$\bar{X} - t_\gamma \frac{S}{\sqrt{n}}; \bar{X} + t_\gamma \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (14); t_\gamma = t(\gamma, n)$$

Neste caso concreto; para um volume de 7 amostras, o intervalo de confiança associado a uma probabilidade $\gamma=0,95$ ($t_\gamma=2,45$) é:

$$\bar{X} - t_\gamma \frac{S}{\sqrt{n}} < X < \bar{X} + t_\gamma \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (15)$$

(2) γ assume valores próximos à unidade, com frequência tomam-se probabilidades na ordem de 0,95, 0,99 e 0,999.

ou por outra:

$$95\%IC = \bar{X} \pm 2,45 \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (16)$$

A comparação do consumo específico, rendimento, etc. entre dois fogões diferentes será feita através da **Estimativa da diferença** entre dois valores esperados:

Para quaisquer duas amostras independentes de tamanho n_1 e n_2 retiradas de duas populações normais (de mesma variância), com diferença das médias amostrais $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ e desvio padrão combinado S_p , o intervalo de confiança que contém a diferença $X_1 - X_2$ dos valores esperados e desconhecidos X_1 e X_2 com uma probabilidade γ é (Mirshawka, 1980, p.349):

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} < X_1 - X_2 < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (17)$$

onde:

$$S_p - \text{desvio padrão combinado; } S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot S_1 + (n_2 - 1) \cdot S_2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$t_{\frac{\alpha}{2}}$ - valor de t com $K = n_1 + n_2 - 2$ graus de liberdade a cima do qual temos uma área $\frac{\alpha}{2}$.

Para o caso em estudo $n_1 = n_2 = n = 7$; pelo que a desigualdade anterior pode ser reescrita na forma:

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot S_p \sqrt{\frac{2}{7}} < X_1 - X_2 < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot S_p \sqrt{\frac{2}{7}} \quad (18).$$

Note-se entretanto que ao usarmos estas relações partimos de uma suposição de que as grandezas em análise se comportam como variáveis aleatórias independentes e normalmente distribuídas.

II. Desenvolvimento do Trabalho realizado

2.1. Produção de Carvão na Província de Sofala

Em geral a carbonização da madeira pode realizar-se através de diferentes processos de entre os quais podemos destacar:

- Carbonização a partir de fornos (praticada pelos carvoeiros).
- Carbonização em grandes retortas de ferro (destilação seca usada na indústria).

-Na província de Sofala, segundo os Serviços Provinciais de Florestas e Fauna bravia, a produção de Carvão vegetal actualmente realiza-se principalmente nos distritos de Dondo e Nhamatanda. Numa visita efectuada a uma das zonas de exploração de carvão (Localidade de Jasse, Distrito de Nhamatanda), constatamos que os carvoeiros daquela região, produzem o Carvão através de **fornos rudimentares de areia**, numa sequência próxima da que segue:

1-Abate das árvores

No abate das árvores incluem-se árvores novas e velhas, verdes e secas de todas espécies exceptuando Umbila, M'simbe e Nkarate por serem espécies madeireiras.

2-thTraçado" dos troncos

Esta fase consiste em cortar os troncos das árvores abatidas em pedaços que variam de 5 a 12 pés (refere-se ao pé do carvoeiro). Para cobertura de espaços abertos que inevitavelmente surgem durante a fase de arrumação, cortam-se também nesta fase pequenos troncos de comprimento não superior à largura do forno em construção. Os mesmos pedaços são usados para a construção das "esteiras" inferior e superior do forno.

3-Transporte dos troncos

4- Arrumação

Esta etapa subdivide-se em três:

4-a) Dispõem-se paralelamente três ou quatro paus de comprimento igual ao do forno. De acordo com o comprimento que o carvoeiro quer atribuir ao seu forno, estes troncos podem ser ligados um ao outro aumentando assim o seu comprimento, o diâmetro destes e que determina a altura inicial do forno é de aproximadamente 10cm.

4-b) Transversalmente aos (três ou quatro) troncos dispõem-se os pequenos troncos acima citados de uma extremidade a outra do forno (fig.2-a). Estes têm como função principal queimar os troncos maiores que

serão imediatamente colocados sobre eles.

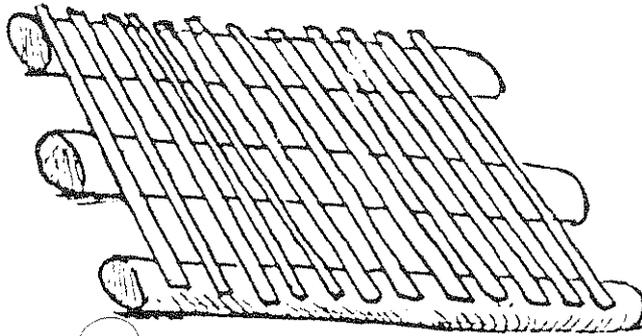


Fig.(2-a)-"Esteira" inferior do forno

4-c) Concluída a "esteira" inferior do forno, colocam-se sobre esta os restantes troncos na ordem decrescente dos seus diâmetros. Ao longo desta fase procura-se sempre preencher os espaços vazios que vão surgindo usando sempre os troncos pequenos. Assim, o monte de troncos vai crescendo, e para protegê-lo, enterram-se quatro paus ("balizas"), dois em cada extremidade. Atingida a altura desejada, volta-se a arrumar a "esteira" superior sobre os troncos já amontoados (fig.2-b).

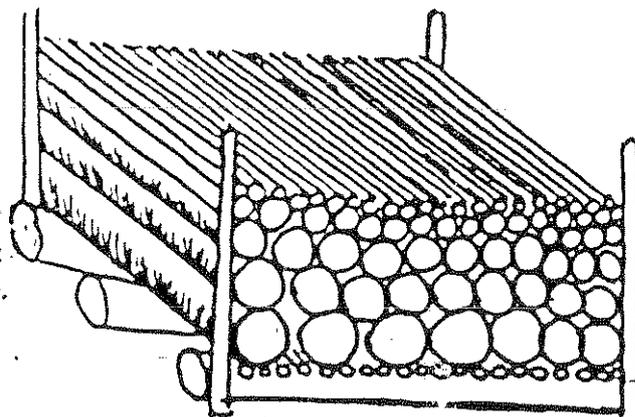


Fig.(2-b)-"Esqueleto" do forno

5- Cobertura

Esta fase também subdivide-se em três:

5-a) Cobertura com blocos de areia:

Cobre-se o forno de baixo para cima com blocos de areia formando uma parede com uma espessura maior na largura e menor no comprimento. O tamanho da espessura da parede varia de acordo com o tamanho do forno, entretanto o maior forno por nós observado apresentava uma espessura de 75cm no comprimento e 125cm na largura. Nesta fase a cobertura não inclui a parte superior do forno (fig.2-c).

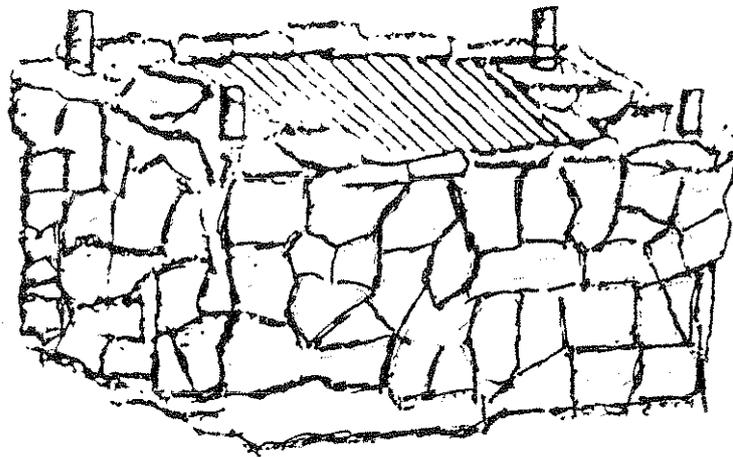
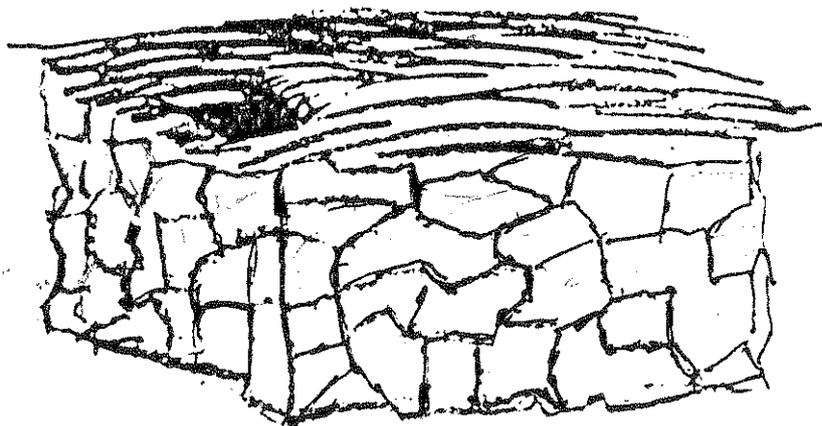


Fig.(2-c)-Forno coberto com blocos de areia

5-b) Cobertura com capim

Recolhe-se capim seco ou verde e cobre-se transversalmente a parte superior do forno ("esteira" superior). A quantidade de capim deve ser suficientemente grande para impedir a penetração de areia no interior do forno. Durante este processo deixa-se um pequeno buraco quadrado, numa das extremidades do forno (fig.2-d) que funciona como zona de fogo.

Fig.(2-d)-Forno coberto com blocos de areia e capim



5-c) Cobertura com areia fina

Com ajuda de uma pá, é lançada areia sobre a esteira já coberta com capim, sem no entanto fechar a zona do fogo (fig2-e). A espessura desta camada de areia e capim pode de acordo com o tamanho do forno ultrapassar 75cm.

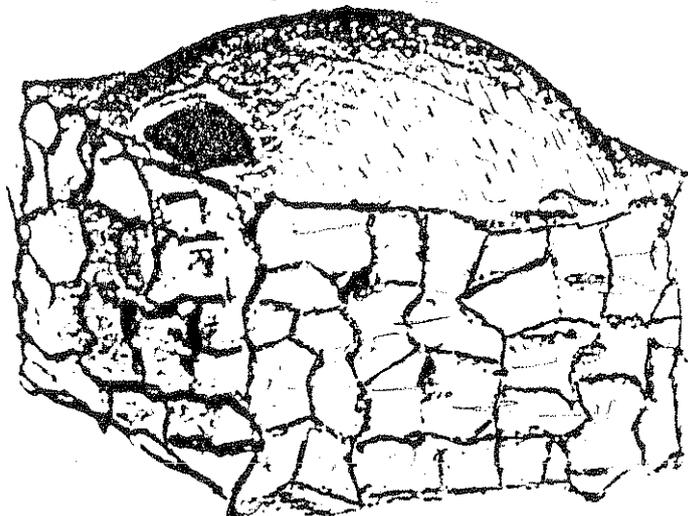
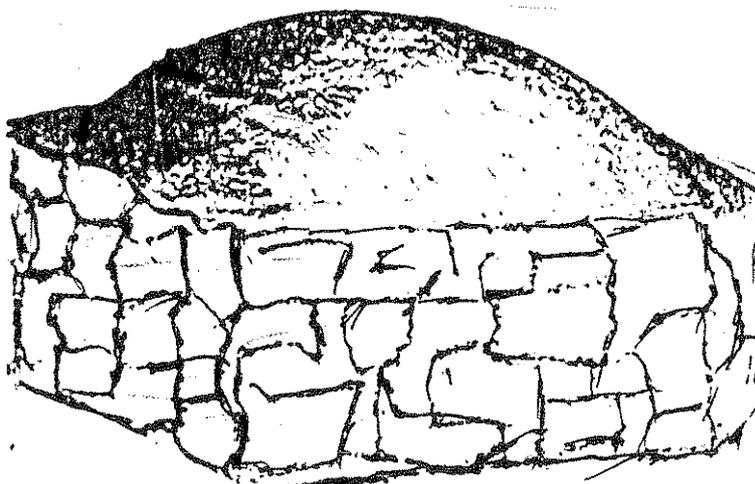


Fig.(2-e)-Forno pronto Para a ignição

6- Ignição.

É a fase de colocação de fogo sobre o forno. No buraco quadrado com aproximadamente 49cm de altura sobre a "esteira" superior, coloca-se primeiro a brasa e sobre esta uma quantidade de carvão ou lenha suficiente para iniciar a combustão. Deixa-se arder durante cerca de 60 minutos; neste intervalo de tempo, parte do carvão quente irá "escapar" para baixo do forno e começará a queimar a esteira inferior; deste modo, teremos dois sectores principais em carbonização, um em baixo, outro em cima; a partir destes pontos, o fogo alastra-se gradualmente em todo o forno. Depois, seguindo o mesmo procedimento de cobertura exposto na fase 5 fecha-se a zona de fogo. (fig.2-f).

Fig.(2-f)- Forno na fase (inicial de carbonização)



7-Colocação de Chaminés (suspiros)

Trata-se inicialmente de dois furos (na extremidade em que foi construída a zona de fogo) equidistantes às "balizas" a uma distância de 17,5 a 27,5cm daquela zona, medidos de cima para baixo. A distância entre estes furos que têm como função garantir a respiração do forno, isto é, entrada do ar e saída dos gases resultantes da carbonização, varia de 75 a 107cm.

Um dia depois, pode-se aumentar o número de furos para, por exemplo 10, sendo 3 no comprimento e 2 na largura.

8- Controle

É a fase de controle permanente da carbonização que deve ser feita pelo menos duas vezes por dia: Nesta fase alguns sinais são importantes para o carvoeiro prever o ritmo ou carácter da carbonização e certos cuidados são tomados para garantir a carbonização efectiva da madeira:

- As zonas da superfície do forno que libertam fumo (não sendo chaminés) são recobertas com areia.
- As zonas onde se liberta fumo preto como o da fogueira ordinária e a parede de areia mantendo-se seca, são igualmente fechadas, pois segundo os carvoeiros tal é sinal de que a madeira já queimou e continuando no mesmo ritmo, o carvão poderá se carbonizar totalmente.
- É nas zonas da superfície do forno que libertam fumo branco, tornando a areia em sua volta húmida que a carbonização decorre perfeitamente.
- Seis dias depois da ignição, na extremidade em que se faz a zona de fogo, o forno pode apresentar certos locais onde os suspiros já não libertam fumo e o volume do forno nessas partes a diminuir, devido a redução do volume da madeira por carbonização. Esta ocorrência, indica que nessa parte do forno o carvão está em condições de ser recolhido.

9- Recolha do carvão

Quando o carvão sai do forno, está incandescente, por isso é submetido ao processo de arrefecimento que pode ser feito através da água ou areia:

- Usando areia, é necessário deixá-lo submerso nesta durante 24 horas.
- Usando água, o processo é instantâneo. À medida que o carvão arrefece é amontoado. O processo de acumulação e arrefecimento realiza-se à medida

que a carbonização vai prosseguindo até atingir a extremidade oposta do forno. Esta operação de acordo com o tamanho do forno, pode durar 15 dias.

Embora os dados sobre a duração de todo o processo sejam flutuantes, por dependerem de muitos factores aleatórios (disposição física do carvoeiro, tamanho dos troncos, forma de trabalho, etc.) estima-se que trabalhando em comunidade, desde a fase de abate até a de ignição são necessários em média dez (10) dias; e o tempo médio de carbonização (desde a ignição até a recolha do carvão) é de quinze (15) dias, totalizando neste caso 25 dias; Porém, trabalhando individualmente, o tempo dilata-se para aproximadamente quarenta e cinco dias.

2.1.1. Espécies de árvores abatidas

Nas carvoeiras da localidade de Jasse, para o fabrico de carvão usam-se essencialmente, as seguintes espécies:

Nome local	Nome científico
Phakassa	<i>Jubernardia globiflora</i>
Muhimbe	*
Nhamuthomore	*
Mfuti	<i>Brachystegia Boehmii</i>
Mfura	*
Chuanga	<i>Pericopsis Angolensis</i>
Gomati	<i>Albizzia Vesicolor WELW ex oliv</i>
Xikombego	*
Mombo	<i>Jubernardia Globiflora (BENTH) Troupin</i>
Ximanda	*
Messassa	<i>Brachystegia Spiciformis</i>
Mucequesse	<i>Piliostigma Thoningii</i>
Momba	*

* Não consta no manual de legislação florestal

2.1.2. Sobre os fornos observados

Os dados relevantes que foi possível colher, relacionados com o processo de produção de carvão vegetal naquela região apresentam-se na tabela a seguir:

Tabela 1

Dados sobre o processo de produção de carvão na região de Jasse (julho de 1994)

	Forno de	ár. abat.	larg.	comp.	altura	volume (m ³)	produç. (sacos)	(kg)	m ³ saco	m ³ kg	ár. m ³
1	Filipe	16	1,45	4,00	1,50	8,70	24	1200	0,36	0,01	1,8
2	Lucas	19	2,73	5,13	1,05	14,25	18	900	0,82	0,02	1,3
3	João	61	2,30	11,9	1,78	48,7	*	*	*	*	1,2
4	Simat	**	2,30	4,03	1,43	13,25	*	*	*	*	**
5	Tei(1)	35	2,40	6,30	1,79	27,06	*	*	*	*	1,3
6	Norge	**	1,95	5,75	1,66	18,6	24	1200	0,76	0,02	**
7	Incog	**	1,68	7,25	1,10	23,14	*	*	*	*	**
8	Incog	**	1,58	7,70	1,60	19,45	*	*	*	*	**
9	Tei(2)	**	1,50	2,40	1,50	5,40	14	700	0,39	0,01	**
10	Domi.	58	2,33	10,28	1,65	39,52	*	*	*	*	1,5
valor médio									0,58	0,02	1,4

*Carvoeiro ausente na altura da recolha de dados.

**O carvoeiro não pôde fornecer dados.

A partir destes resultados vemos que:

- Para a obtenção de 1m³ de madeira para posterior carbonização, são necessárias em média 1,4 árvores.

- A produção de um saco de carvão (de aproximadamente 50kg) requer um volume de 0,6m³ ou por outra, para a produção de uma tonelada de carvão vegetal são necessários 12m³ de madeira aproximadamente.

Ligado com a componente ambiental, cite-se aqui um facto: A poucos anos atrás a produção de carvão vegetal naquela região realizava-se nas proximidades da estrada nacional nº6. Actualmente os carvoeiros têm de marchar durante 30 minutos para o interior afim de encontrar as primeiras zonas da floresta, favoráveis à sua actividade. E, mesmo assim, outros há que preferem penetrar mais, atravessando a estrada que liga Inchope e Gorongosa por ser nessas zonas onde a densidade arbórea (ár/m²) se apresenta relativamente elevada. Isto é sinal de que a

distância a percorrer para colectar a lenha e para produzir carvão poderá tornar-se crítica dentro de poucos anos se algo não alterar naquela região.

2.2. Produção e utilização do fogão a carvão vegetal

Na cidade da Beira não identificamos nenhuma unidade industrial ou artesanal com vocação específica de produzir fogões a carvão vegetal.

Algumas empresas como é o caso da latoaria Sebastião Fernandes dedicam-se ao fabrico de fogões como actividade de segundo plano. Noutras empresas como os Estaleiros navais da Beira e algumas oficinas privadas de bate-chapa, certos trabalhadores, aproveitam as horas livres para fabricar fogões como forma de reforçar os seus salários.

Ligado ainda a esta componente, cite-se o caso dos CFM-Centro (Oficinas Gerais) que mediante uma autorização superior da empresa, tem fabricado fogões para responder a solicitações de alguns trabalhadores.

A consequência imediata desta diversidade de critérios, manifesta-se na diversidade tanto no tamanho dos fogões fabricados como no tipo de material usado (ferro velho nuns e novo noutros) e mesmo no preço de venda ao público.

Numa observação feita em diferentes bairros da cidade, deparamo-nos com um espectro de certo modo complexo em termos de fogões usados.

- Fogões de três pedras (a lenha)
- Fogões de chapa metálica de uma ou duas bocas quadradas
- Fogões de janta de automóvel
- Fogões de lata (tendo como combustível a cerradura)
- Outros de difícil descrição maioritariamente usados em bares, quiosques, etc.

Concentrando a nossa atenção no fogão a carvão vegetal, interessam-nos pelos seguintes aspectos:

2.2.a) Constituição

Maioritariamente os fogões observados são feitos à partir de ferro velho. Em alguns caso encontramos fogões construídos a partir de material novo (chapa de ferro com uma espessura de 3mm).

2.2.b) Princípio de funcionamento

Baseia-se na combustão do carvão vegetal.

2.2.c) Durabilidade

O tempo de vida de um fogão em geral e destes em particular de pende de muitos factores como seja, o tipo e o estado do material de que é feito, a frequência com que é usado, o tempo que dura o processo de confecção das refeições, etc; entretanto, observamos que fogões há que resistem dois a três anos.

2.2.d) Rendimento

Será determinado através do teste de fervura da água e com ajuda da equação (9)

2.3. Determinação experimental do rendimento do fogão a carvão vegetal

2.3.1. Material usado:

- 1 fogão de uma boca quadrada
- 1 panela com a respectiva tampa
- 1 balança de cozinha
- 15 kg de carvão vegetal
- 40 litros de água
- 1 cronómetro
- 1 termómetro
- 1 pinça
- 1 pé em V
- 1 suporte de ferro

2.3.2. Procedimento experimental

1º) Preparação; inclui:

- anotação das condições climatéricas (temperatura do ar, ocorrência de ventos e/ou chuvas)
- desenho da panela e do fogão a ser testado (a figura a seguir representa o corte transversal do fogão de uma boca quadrada).

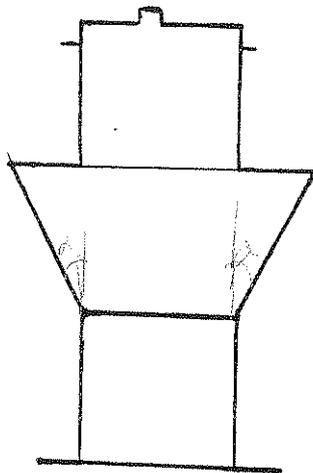


Fig. 3-Corte transversal do fogão de 1 boca quadrada

- 2º) Toma-se uma quantidade de carvão não mais que duas vezes a estimada necessária. Pesar e registrar na folha de dados.
- 3º) Pesar a panela com a respectiva tampa e registrar os resultados na folha de dados. Encher a panela com $2/3$ de água da sua capacidade, recolocar a tampa, pesar e registrar o novo peso.
- 4º) Fixar um termómetro na panela. Registrar a temperatura da água.
- 5º) Acender o carvão. Registrar o momento exacto do começo.
- 6º) Registo regular de:
 - temperatura da água na panela.
 - massa do carvão adicionado.
 - qualquer acção tomada no controle do fogo.
- 7º) Registrar o tempo em que a água começa a ferver. Manter o fogo no mesmo nível de alta potência.
- 8º) Exactamente 15 minutos depois do início da fervura, rapidamente:
 - anotar o tempo.
 - registrar a temperatura da água na panela.
 - pesar a panela com água incluindo a tampa.

- remover todo o carvão do fogão e pesar.
- devolver o carvão ao fogão.

9º) Nos seguintes 60 minutos manter o fogo a um nível suficiente para manter a água na panela a 2°C abaixo da temperatura normal de ebulição. Usar a menor quantidade possível de carvão e evitar a ebulição vigorosa. Continuar a executar todas as acções do passo 6.

10º) Recolher, pesar (e registar) o carvão quente.

11º) Pesar e registar a água restante na panela.
O teste neste trabalho é repetido 7 vezes.

2.3.3. Análise dos resultados (médios) dos testes de fervura da água

Com o fogão a carvão vegetal de uma boca quadrada (veja a fig. 3) operando com uma panela de 2,250l de capacidade, a 1ª série de testes de fervura da água, apresentou os seguintes resultados:

Tabela 2

	A.P.	B.P.
P(KW)	4,3	1,5
C _e	2,1	0,9
η(%)	22,3	

Investigando (experimentalmente) através do WBT a influência que alguns parâmetros ligados com a construção geométrica do fogão exercem no desempenho deste, isto é, variando primeiro a altura da câmara de cinzas (H) e depois a distância grelha-panela (D) obtivemos os resultados a seguir tabelados:

Tabela 3

		2ª série		3ª série
		H ₁ =8 cm	H ₂ =4 cm	D ₁ =8 cm
P(KW)	A.P.	5,1	4,4	2,7
	B.P.	1,4	1,5	1,4
C _e	A.P.	1,0	1,1	1,2
	B.P.	0,95	0,7	0,7
η(%)		25,2	26,5	29,7

De acordo com estes resultados temos que:

As perdas de energia no fogão a carvão vegetal de uma boca quadrada operando nas condições a cima citadas situam-se na ordem de 78%, isto é:

-Injectando nele uma unidade de energia a partir do combustível (carvão), o rendimento obtido corresponde a um aproveitamento efectivo de apenas 0,22 unidades; Ou seja:

-Da queima de 50kg de carvão (um saco) neste, aproveita-se apenas 11 kg daquele combustível.

-Um investimento na ordem de 18.000,00Mt (preço do saco de carvão vegetal em outubro de 1994) tem de retorno apenas 3.960,00Mt.

Em termos de carvão consumido, vemos que para a evaporação de 1 kg de água este fogão consome em média 2,0 kg de carvão vegetal na fase de alta potência e 0,9kg na de baixa potência.

Os resultados obtidos após a introdução de algumas rectificações na construção do mesmo sugerem que:

-Diminuindo razoavelmente a altura da câmara de cinzas, aumenta o rendimento do fogão e diminui o consumo específico .

- Ao reduzir convenientemente a distância grelha-panela, diminui o consumo específico aumenta o rendimento, mas baixa a potência do fogão.

Portanto, pode-se afirmar que a altura da câmara de cinzas, e a distância grelha-panela são **parâmetros determinantes** para o rendimento do fogão a carvão vegetal.

E, atendendo que as paredes de um fogão de chapa metálica fina (espessura pequena) durante o funcionamento deste, aquecem muito rapidamente que em pouco tempo reduzem as perdas de calor por condução a um nível constante (Ambio; p. 282), podemos concluir que : A combinação adequada dos parâmetros, altura da câmara de cinzas-distância (grelha-panela)-tipo de material etc. poderá resultar num fogão mais eficiente, isto é, um fogão de maior potência, maior rendimento (e baixo consumo específico).

Em continuação apresenta-se um exemplo dos gráfico temperatura/tempo (fig.4 e 5) obtidos durante os testes de fervura de água na alta e baixa potência.

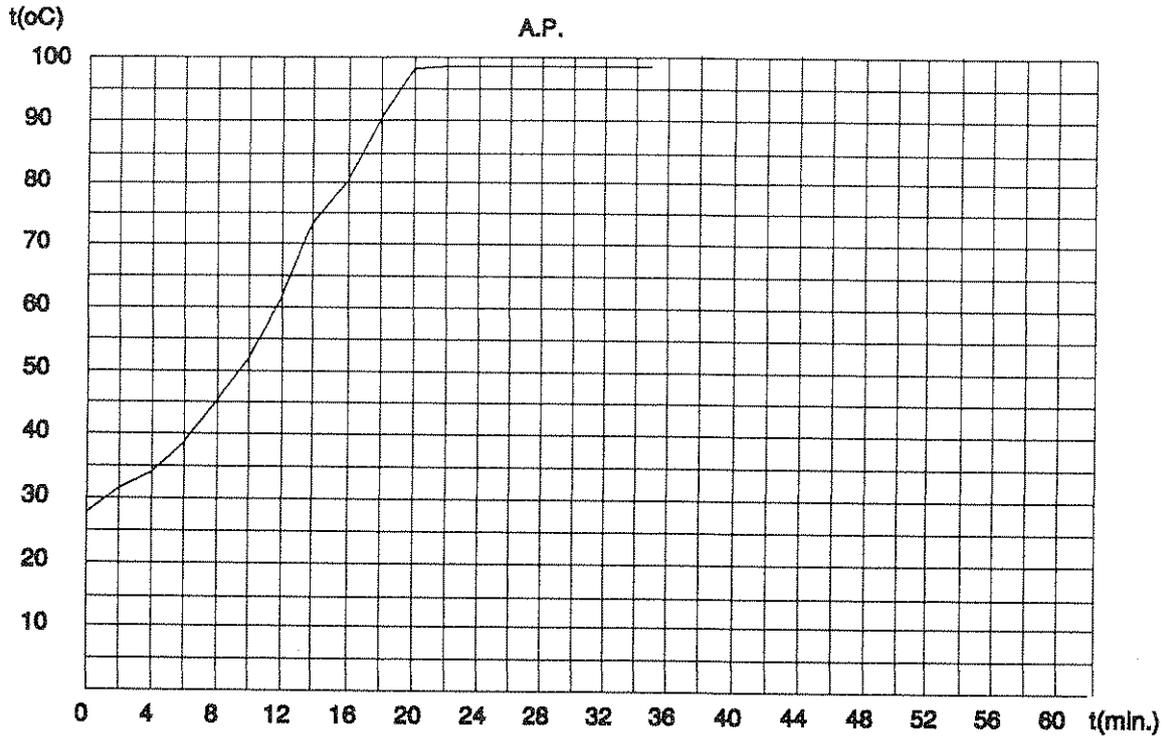


Fig. 4-Gráfico da temperatura/tempo (fogão de 1 boca quadrada)

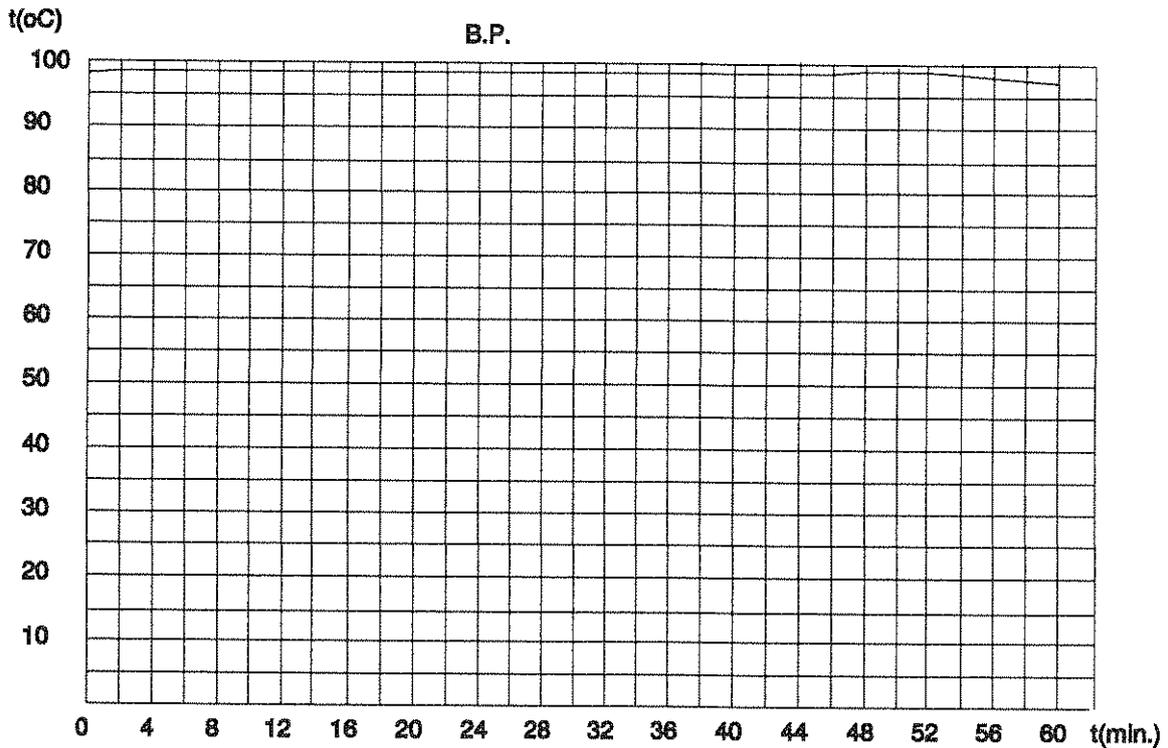


Gráfico da temperatura/tempo (fogão de 1 boca quadrada)

A partir destes gráficos, é visível que a taxa de variação da temperatura cresce rapidamente desde a temperatura inicial da água até um instante

em que ela tende a estabilizar-se em volta de um ponto correspondente à temperatura de ebulição (fase da alta potência).

Na fase seguinte (baixa potência) o calor fornecido ao sistema é responsável pela transição do estado líquido para o estado gasoso sem variação da temperatura do líquido, por isso, nesta fase, a temperatura da água conserva-se praticamente constante. As flutuações que se observam em torno da temperatura de ebulição devem-se por um lado à diminuição da carga do combustível aplicado no fogão, e por outro à variação das condições exteriores do sistema (como a velocidade do vento por exemplo).

2.4. Construção do protótipo

Segundo reportam os resultados do teste de fervura da água (tabela 2) o fogão a carvão vegetal de um boca quadrada que temos vindo a estudar apresenta um elevado consumo específico e baixo rendimento térmico. Por isso, o melhoramento deste dispositivo nos termos a que este trabalho se propõe, visa atingir não só **simplicidade** na construção como também o **baixo consumo específico e maior potência**.

Para tal é necessário reduzir no máximo possível as perdas de calor; E uma das condições importantes para alcançar essa redução é garantir que maior parte do recipiente usado para cozinha esteja exposta ao calor libertado pelo fogão.

Guiados por estes princípios concebemos um fogão cujo o procedimento para a sua construção descrevemos a seguir:

1-Corta-se uma chapa metálica leve de 2mm de espessura.

2-Dobra-se esta dando-lhe a forma de um cilindro de diâmetro um pouco maior que o da panela a usar.

3-Preparar à parte uma chapa circular (com pequenos furos) de diâmetro igual ao do fogão.

4-A uma altura H solda-se a chapa circular (grelha). E a cima desta a uma distância D soldam-se três suportes metálicos que vão assegurar a panela.

5-E finalmente na parte superior do fogão soldar dois pedaços metálicos (pegas).

A figura 6 a seguir, representa o corte transversal do fogão descrito.

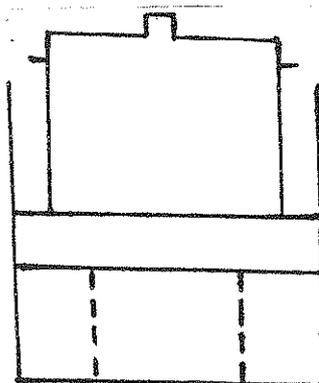


Fig. 6-Corte transversal do fogão-protótipo

2.4.1. Análise dos resultados do teste de fervura da água para o protótipo

Para verificar a eficiência do fogão construído, tomando as mesmas condições operatórias em que foi testado o fogão de uma boca quadrada, submetemos este a um teste que compreendeu 7 ensaios de fervura de água. Os resultados obtidos constam na tabela a seguir.

Tabela 4

	A.P.	B.P.
P(KW)	5,3	1,2
C_e	0,7	0,5
$\eta(\%)$	31,5	

O comportamento dos gráficos de temperatura/tempo (a seguir representados) para o protótipo assemelha-se ao comportamento das curvas da mesma função para o fogão de uma boca quadrada tanto na baixa como na alta potência. Só que na fase de alta potência, para o protótipo, o ângulo de inclinação da curva revela-se em média, maior que o do gráfico de uma boca quadrada, ou seja, a taxa de variação da temperatura para o protótipo é maior, e isso é reflexo do facto de a água fervida no protótipo, atingir o ponto de ebulição, um pouco mais cedo do que a água fervida no outro fogão.

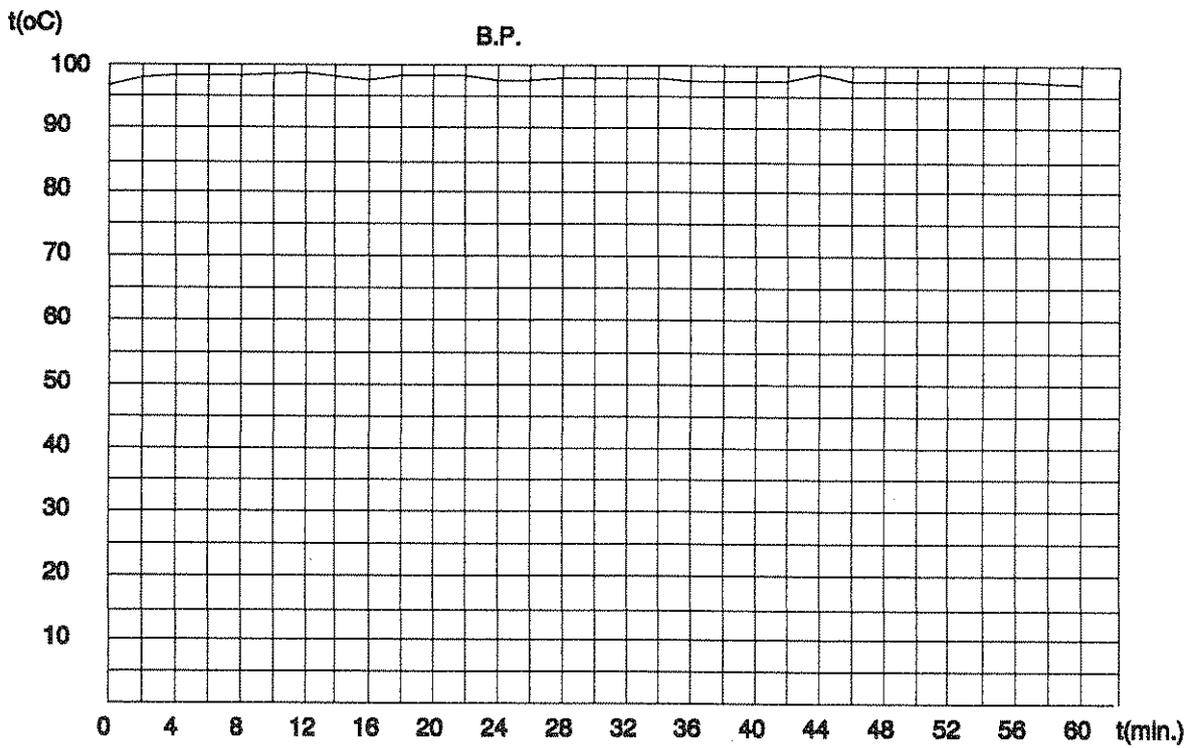
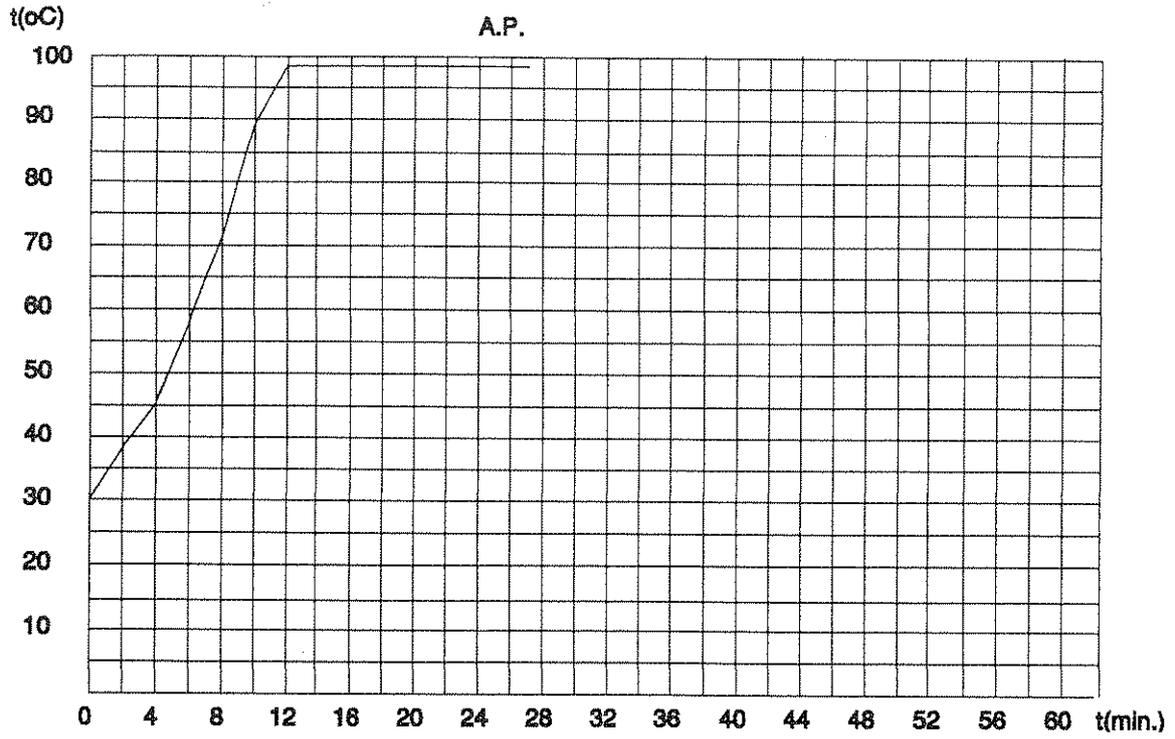


Fig.8 Gráfico da temperatura/tempo (protótipo)

2.4.2. Análise comparativa dos resultados do teste de fervura da água.

A tabela a seguir (tabela 5) apresenta os resultados do teste de fervura de água obtidos uma vez operando com o fogão a carvão vegetal de uma boca quadrada, e outra com o protótipo.

Tabela 5

		Fogão de uma boca quadrada	Protótipo
P(KW)	A.P.	4,3	5,3
	B.P.	1,5	1,2
Ce	A.P.	2,1	0,7
	B.P.	0,9	0,5
$\eta(\%)$		22,3	31,5

Os resultados que figuram nesta tabela mostram que:

-O rendimento do protótipo construído é quase , uma vez maior que o do fogão de uma boca quadrada.

-O protótipo apresenta um consumo específico 3 vezes menor na fase de alta potência e quase 2 vezes menor na de baixa potência.

-O tempo de cozedura, usando o protótipo, reduz-se em 10 minutos aproximadamente.

Em termos de consumo, comparando com o fogão de uma boca quadrada, temos que o protótipo poupa 1,4kg de carvão por cada 1kg de água evaporada na fase de alta potência e 400g de carvão por cada 1kg de água evaporada na de baixa potência.

E esta economia do combustível assim como do tempo de cozedura tem o seu impacto positivo na saúde do utente, na sua economia doméstica e até mesmo na protecção das espécies abatidas para a produção do carvão vegetal. Portanto com este protótipo, temos o **modelo do fogão melhorado**.

Entretanto, apesar de os resultados experimentais obtidos a partir do protótipo serem prometedores no que concerne ao melhoramento do fogão a carvão vegetal, julgamos ser importante sublinhar que este deve ser tomado por enquanto como fogão (a carvão vegetal) apenas no plano teórico. Porque para o considerarmos como fogão efectivamente, aponto de ser aplicado em famílias é necessário que seja submetido primeiro a outros

dois testes:

a) Teste de Controle de Cozedura (CCT)

É um estágio intermediário entre o teste de fervura da água (WBT) e o teste do nível de qualidade de cozinha. Este teste:

-Compara o combustível consumido e o tempo gasto na confecção duma refeição em fogões diferentes.

-Permite determinar se um dado fogão pode ou não cozer uma gama de refeições normalmente preparadas na região onde está sendo introduzido.

b) Teste de nível de qualidade de Cozinha (KPT)

O KPT, mede a proporção relativa de combustível consumido por dois fogões quando são usados num ambiente totalmente familiar.

É um teste prolongado conduzido com inteira cooperação das famílias abrangidas que tem como objectivos:

-Estudar a nível de família o impacto de um fogão no consumo global de energia.

-Demonstrar aos potenciais utentes o nível de poupança em combustível do fogão, e sugerir práticas correctas da sua utilização.

Só depois de submeter o nosso fogão-protótipo aos últimos dois testes, conjugar os respectivos resultados é que poderemos decidir se a introdução deste numa determinada família representa efectivamente uma poupança de energia.

III. Fogão a carvão vegetal no processo de ensino da Física escolar.

Na maior parte das nossas escolas Secundária e Pré-universitárias, a Física é leccionada como uma disciplina simplesmente teórica, o que por um lado deturpa a verdadeira natureza (experimental) desta disciplina e por outro dificulta a compreensão dos conteúdos por parte dos alunos.

Para perceber as causas reais deste facto, visitamos algumas escolas da cidade da Beira; e, fizemos uma análise dos actuais programas de ensino de Física. Ao longo deste processo, constatamos que:

-O tempo lectivo destinado a aulas práticas (práticas laboratoriais), é bastante **reduzido**, por exemplo, no capítulo da Termodinâmica, o tempo previsto para práticas laboratoriais na 9ª classe representa apenas 12% (2 tempos lectivos) do tempo total previsto para o capítulo (19 tempos lectivos)

-Para as demais classes (8ª, 10ª, 11ª e 12ª) embora o programa reconheça a importância da actividade experimental no processo de ensino-aprendizagem, o mesmo não é **específico**; isto é, o programa não recomenda as experiências que devem ser realizadas em cada capítulo.

-A maior parte das escolas visitadas na cidade da Beira, apresentam laboratórios com equipamento incompleto, e, quase todas não possuem fontes de calor.

Como resultado desta breve análise pode se afirmar que as causas principais da fraca actividade experimental que se verifica nas escolas da cidade da Beira, são:

-Ineficácia dos actuais programas de ensino de Física.

-Falta de meios materiais.

-Falta de iniciativa própria por parte dos professores de Física.

Conscientes de que a actividade experimental nas aulas de Física desempenha um papel de capital importância no processo de ensino-aprendizagem, em particular na formação e desenvolvimento de capacidades, habilidades e convicções dos alunos, achamos que acções concretas devem ser realizadas visando:

-A revisão dos programas de ensino de Física, no sentido de:

Aumentar a quantidade de horas lectivas consagradas a práticas laboratoriais.

Torná-los mais específicos (indicação das experiências a serem realizadas

em cada capítulo)

-Encorajar os professores de Física a buscarem soluções locais simples, para resolver os problemas de falta de meios materiais.

Neste último aspecto, pensamos que um fogão a carvão vegetal que seja **simples** (na construção) e **eficiente** (no funcionamento) é um meio (didáctico) alternativo viável para a concretização das experiências da Termodinâmica nos casos em que a realização destas requer a existência de uma fonte de calor, em particular nas escolas situadas nas zonas rurais.

A inserção do fogão a carvão vegetal no processo de ensino da Física escolar não só permitiria a realização de experiências (demonstrativas e laboratoriais) como também despertaria a atenção do aluno em relação a um objecto (fogão) com o qual contacta no seu dia a dia, sem no entanto o tomar como tal. E em última análise este despertar poderá melhorar a visão do aluno em relação às fontes de energia por um lado, e por outro, prepará-lo para perceber os problemas que a sociedade em geral enfrenta ligados com a conservação do meio ambiente.

Como exemplo de áreas da Física escolar onde o fogão a carvão vegetal poderá desempenhar um papel relevante, cite-se o capítulo 3 (Termodinâmica) unidades 1, 2 e 3 do programa de ensino de física da 9ª classe-SNE (veja a proposta a seguir).

3.1. Proposta das experiências em Termodinâmica.

A experiência como meio didáctico, possui um significado didáctico-metodológico muito importante no processo de aquisição de conhecimentos pois:

-Facilita a assimilação de conhecimentos.

-Cria e eleva a convicção dos alunos em relação aos fenómenos naturais em estudo.

-Permite uma maior conservação dos conhecimentos na memória.

-Eleva a actividade do aluno na aula.

De acordo com os objectivos da própria experiência e o grau de envolvimento do aluno, definem se diferentes tipos de experiências de entre os quais destacaremos dois: as **experiências demonstrativas** e as **experiências (práticas) laboratoriais**.

3.1.1. Experiências demonstrativas.

São experiências em que o **aluno** é um **sujeito mais passivo** que activo e o **professor**, o **sujeito inteiramente activo**. Com tudo, em concordância com o carácter e os objectivos da experiência, o professor pode convidar o aluno a participar em algumas actividades.

Neste tipo de experiências, os resultados visados são normalmente qualitativos.

No desenvolvimento do capítulo da Termodinâmica na 9ª classe, é possível com ajuda do fogão a carvão vegetal concretizar as seguintes experiências de demonstração:

3.1.1.1. Medição da temperatura dos corpos.

3.1.1.2. Dilatação térmica dos corpos

3.1.1.3. Modalidades de transmissão de calor: condução, convecção e radiação.

A seguir, apresentaremos o esquema de procedimento a seguir durante a realização destas experiências:

A. Tema: Medição da Temperatura dos Corpos.

A.1. **Objectivo:** Medir a temperatura dos corpos.

A.2. **Resumo teórico:**

Do mesmo modo que a luz impressiona os nossos olhos e o som os nossos ouvidos, é o tacto que nos proporciona as sensações térmicas. Assim, a primeira noção de temperatura de um sistema é estabelecida a partir da **sensação térmica** que o mesmo nos causa traduzida pelos termos frio, quente, gelado, etc. Mas se queremos dizer com **precisão** quão quente (ou frio) é, um dado corpo, é necessário encontrar um modo de atribuir um número ao estado de aquecimento (ou esfriamento) desse corpo. Este número, chama-se **temperatura** e o instrumento usado para o medir, chama-se **termómetro**.

Para que o termómetro nos indique a temperatura de um certo corpo, é necessário que entre eles se estabeleça o **equilíbrio térmico**. Por isso, pode-se afirmar que a temperatura é uma grandeza Física que caracteriza o equilíbrio térmico de um sistema.

Para exprimir a unidade da temperatura, foram criadas as chamadas

Escalas Termométricas, de entre as quais nos interessam apenas duas:
Escala Centígrada Internacional- nesta escala, a temperatura, mede-se em graus Celsius: $[t]=1^{\circ}\text{C}$

Escala Termodinâmica de temperaturas- a temperatura mede-se em graus Kelvin: $[T]=1\text{K}$

Entre as duas escalas é válida a relação: $T=273+t$ (I).

A.3. Material necessário:

- 1 fogão a carvão vegetal
- 100g de carvão vegetal
- 1 termómetro
- 1 proveta com (300ml) água fria
- 1 copo de vidro
- 1 copo com gelo

A.4. Procedimento:

1. Acender o fogão.
2. Aquecer 200g de água num copo de vidro.durante 5 minutos.
3. Medir a temperatura :
 - da água fria.
 - da água quente (5min. depois).
 - do gelo.
 - do corpo humano.
 - da sala de aulas.
4. Preencher a tabela a seguir.

Tabela 6

	$t(^{\circ}\text{C})$	$T(\text{K})$
água fria		
água quente		
gelo		
corpo humano		
sala de aulas		

B. Tema: Dilatação térmica dos corpos sólidos.

B.1. Objectivo: Verificar a dilatação térmica de um corpo sólido.

B.2. Resumo teórico:

Geralmente quando se aumenta a temperatura de um corpo, as suas dimensões aumentam, ou seja, o corpo sofre uma **dilatação**, que pode ser linear, superficial ou volumétrica.

Seja L_0 o comprimento inicial de uma barra á temperatura t_0 . Elevando a temperatura da barra (por aquecimento) a t , o seu comprimento passará a ser L . Isto é, a variação da temperatura $\Delta t = t - t_0$ provocou uma dilatação linear $\Delta L = L - L_0$ no comprimento da barra.

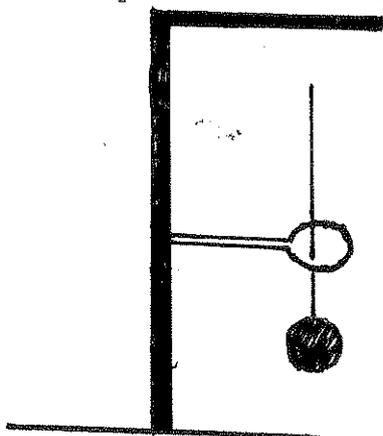
Da experiência concluiu se que a dilatação linear ΔL é proporcional ao comprimento inicial L_0 e ao aumento de temperatura Δt :

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta t \quad (\text{II}) \quad \text{onde } \alpha - \text{coeficiente de dilatação linear.}$$

A dilatação superficial e volumétrica dos corpos obedecem praticamente a mesma lei: Tomemos então um corpo sólido de volume inicial V_0 a temperatura t_0 ; O volume deste corpo, durante o processo de aquecimento de t_0 a t °C, variará de V_0 a V ; isto é, sofrerá uma dilatação volumétrica ΔV :

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta t \quad (\text{III}) \quad \text{onde } \gamma - \text{coeficiente de dilatação volumétrica.}$$

B.3. Esquema da montagem



B.4. material necessário:

- 1 fogão a carvão vegetal
- 200g de carvão vegetal
- 1 esfera metálica
- 1 laço metálico
- 1 pé em V

B.5. Procedimento:

1. Acender o fogão
2. Montar o dispositivo representado no esquema anterior.
3. Amarrar a esfera metálica a um fio, e fazê-la passar através do laço metálico.
4. Aquecer a esfera no fogão durante 3 minutos.
5. Com a esfera quente voltar a repetir o passo 3.
6. Deixar a esfera arrefecer, e depois repetir o passo 3.

B.6. Questionário:

1. Porque é que a esfera quente não passa pelo laço?
2. Explique o fenómeno observado á luz da teoria cinético-molecular.

C. Tema: Modalidades de transmissão de calor⁽³⁾.

Ao observarmos atentamente uma qualquer fonte de calor (lâmpada acesa, lareira, fogão aceso, etc.) percebermos que, o calor por esta libertado chega aos corpos que lhe rodeiam mediante um dos seguintes processos: Condução, Convecção e Radiação.

C.1. Condução**C.1.1 Objectivos:**

- Observar o mecanismo de propagação de calor por condução.
- Verificar a condutibilidade de alguns materiais.

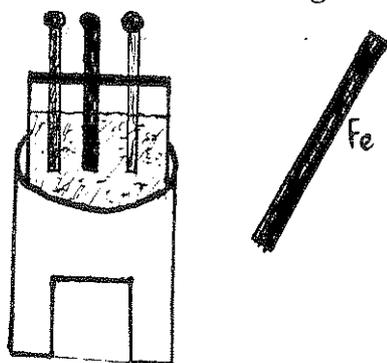
C.1.2. Resumo teórico:

A condução calorífica é o mecanismo segundo o qual o calor flui de uma região de alta temperatura para outra de baixa temperatura dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso). Neste processo, a energia é transmitida por meio de comunicação molecular directa sem apreciável deslocamento das moléculas.

(3) Não incluímos o guião para a demonstração do processo de transmissão de calor por convecção, pois achamos que este pode ser concretizado mais facilmente usando outras fontes de calor alternativas como velas ou lamparinas de petróleo.

Dependendo da constituição atômica de uma substância, o calor poderá ser transmitido de um átomo para outro com maior ou menor facilidade, fazendo com que esta substância seja boa ou má condutora de calor.

C.1.3. Esquema de montagem



C.1.4. material necessário:

- 1 fogão a carvão vegetal
- 200g de carvão vegetal
- 1 barra de alumínio
- 1 barra de ferro
- 1 barra de madeira
- 1 barra de vidro
- 1 recipiente de vidro com água.

C.1.5. Procedimento:

1. Acenda o fogão.
2. Segure a barra de ferro por uma das extremidades e aqueça a outra no fogão durante 3 minutos. No fim desse período, retire-a.
3. Aqueça a água contida no recipiente de vidro até a ebulição.
4. Cobrir uma das extremidades das barras de alumínio, madeira e vidro com a cerra da vela de iluminação.
5. Introduza as barras a cima citadas no recipiente de vidro com água quente.
6. Observar a ordem segundo a qual a cerra começa a derreter nas barras.

C.1.6. Questionário:

1. Descreva o estado térmico da barra de ferro no fim dos 3 minutos (quente, muito quente, ou frio)

2. Explique o fenómeno observado (condução), á luz da teoria cinético-molecular.

3. Classifique os materiais introduzidos no recipiente com água quente em termos de bom/mau condutor.

C.2. Radiação

C.2.1. **Objectivo:** Demonstrar a propagação do calor por radiação.

C.2.2. Resumo teórico:

Quando nos aproximamos de uma certa fonte de calor (lâmpada acesa, lareira, fogão aceso, etc.) sentimos o calor que nos atinge, proveniente daquela fonte. Mas entre nós e a fonte não existe algum meio material intermediário, por isso a transmissão de calor que ocorre neste caso não pode ser por condução nem por convecção. Propagou se por **Radiação**.

A radiação térmica é emitida (sob forma de ondas) pela superfície de um corpo que tenha sido termicamente excitado. A mesma propaga se em todas as direcções e, quando incide sobre um corpo parte dela pode se absorvida, outra reflectida e outra transmitida.

C.2.3. Material necessário:

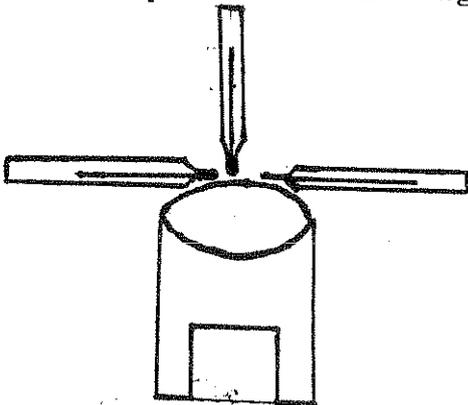
1 fogão a carvão vegetal

100g de carvão vegetal

3 termómetros iguais

3 pés em V

C.2.4. Esquema da montagem



C.2.5. Procedimento:

1. Acender o fogão a carvão vegetal.

2. Meça a temperatura do meio ambiente.
3. Num raio de 30 cm a partir da superfície do fogão, colocar os 3 termómetros. Ler a temperatura destes no fim de 3 minutos.
4. Repetir o passo 3, colocando os termómetros a distâncias diferentes.

C.2.6. Questionário:

1. Qual é a relação entre as temperaturas dos termómetros no passo 3 (iguais/aproximadas/diferente)? Porquê?
2. E no passo 4? Porquê?
3. Qual é o meio intermediário através do qual o calor transita do fogão para os termómetros?

3.1.2. Experiências laboratoriais.

Do mesmo modo que as experiências de demonstração estas experiências servem para acumulação de factos.

Diferentemente das anteriores, nas práticas laboratoriais a autonomia do aluno é mais elevada, embora a assistência do professor continue imprescindível. Este tipo de experiências serve bastante para a aplicação dos conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores.

No nível de que temos vindo a falar (9^a classe) com ajuda do fogão a carvão vegetal é possível concretizar as seguintes experiências:

- 3.1.2.1. Determinação do calor específico de um corpo sólido.
- 3.1.2.2 Determinação do calor libertado ou absorvido por um corpo no processo de arrefecimento ou aquecimento.
- 3.1.2.3. Equilíbrio térmico.
- 3.1.2.4. Determinação da capacidade calorífica de um calorímetro.
- 3.1.2.5. Mudanças de fase (fusão de gelo e evaporação da água).

Em continuação apresenta-se o esquema de procedimento (protocolos) para a concretização das mesmas.

A. Tema: Calor específico de um corpo sólido.

A.1. Objectivo:

Determinação do calor específico de um corpo sólido pelo método de

misturas.

A.2. Resumo teórico:

Calor específico (c) é a grandeza que caracteriza a variação da energia interna de um corpo aquecido ou arrefecido, em função da natureza do material de que é constituído e das condições exteriores a que ele se encontra sujeito; e é definido como sendo a quantidade de calor que é necessário transmitir a um corpo de 1g de massa para que a sua temperatura se eleve 1°C sem mudança de estado.

A quantidade de calor Q_c recebido ou cedido por um corpo de massa m_c e de calor específico c , quando a sua temperatura aumenta ou diminui Δt graus é dada pela relação:

$$Q_c = m_c \cdot c \cdot \Delta t \quad (\text{IV})$$

Durante a realização desta experiência usa-se o método de misturas, assumindo (para efeitos de simplificação) que no processo de troca de calor participam apenas três corpos: o calorímetro, o líquido (água) e o corpo sólido. Assim, de acordo com o princípio de conservação de energia é válido que: Durante as trocas caloríficas entre vários corpos termicamente isolados do meio exterior, a quantidade de calor cedida pelos corpos que arrefecem é igual a quantidade de calor recebida pelos corpos que aquecem. A troca ocorre até que se estabeleça a igualdade de temperatura entre os corpos:

$$Q_{ced} = Q_{rec} \quad (\text{V})$$

Reescrevendo a equação anterior para o caso em análise, teremos:

$$Q_c = Q_{cal} + Q_a \quad (\text{VI})$$

Partindo desta relação obtém-se a expressão que nos dá o calor específico do corpo em estudo na forma:

$$c = \frac{(C_{cal} + m_a c_a) \cdot (t_m - t_a)}{m_c (t_c - t_m)} \quad (\text{VII}) \quad \text{onde:}$$

c - calor específico do corpo em estudo (cal/g.°C)

C_{cal} -capacidade calorífica do calorímetro; $C_{cal}=29\text{cal}/^{\circ}\text{C}$

t_m -temperatura da mistura ($^{\circ}\text{C}$)

t_a -temperatura da água($^{\circ}\text{C}$)

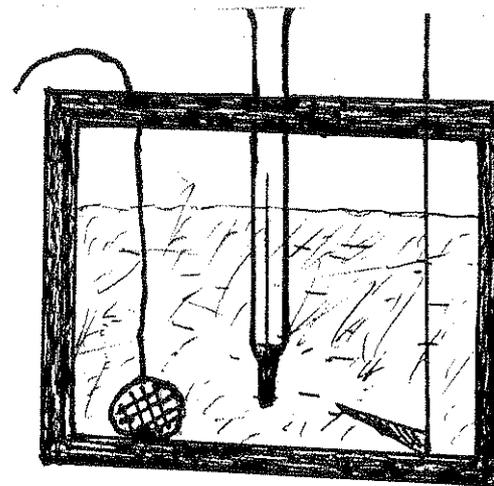
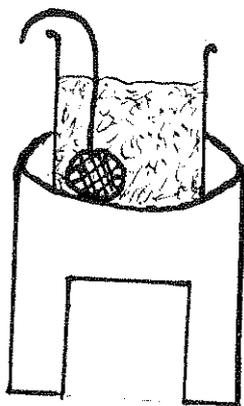
m_a -massa da água (g)

c_a -calor específico da água ($\text{cal}/\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}$)

m_c -massa do corpo sólido (g)

t_c -temperatura do corpo ($^{\circ}\text{C}$)

A.3. Esquema da montagem



A.4. material necessário:

1 fogão a carvão vegetal

200g de carvão vegetal

1 calorímetro

1 termômetro

1 balança

1 corpo sólido

1 proveta com água (300ml)

A.5. Procedimento:

1. Acender o fogão

2 Medir a massa do corpo sólido (m_c)

3. Amarar o corpo sólido com um fio, mergulhá-lo na água contida na proveta e aquecer até a ebulição da água.

4. Medir a temperatura da água fria dentro do calorímetro (t_a) e a respectiva massa (m_a).

5. Atingida a temperatura de ebulição da água, medir a temperatura do corpo (t_c).

6. Introduzir o corpo sólido já quente na água fria dentro do calorímetro.

Agitar bem a mistura.

7. Medir a temperatura da mistura (t_m); registrar os resultados obtidos na tabela 7.

Tabela 7.

$t_c(^{\circ}\text{C})$	$t_a(^{\circ}\text{C})$	$t_m(^{\circ}\text{C})$	$m_c(\text{g})$	$m_a(\text{g})$

A.6. Cálculos/tarefas:

1. Calcular o calor específico do corpo em estudo.
2. Consultando em tabelas próprias, diga de que material é constituído o corpo.

A.7. Avaliação

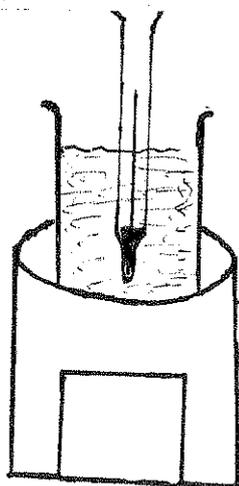
Compare o resultado por si obtido e o tabelado. faça um breve comentário indicando as possíveis causas da diferença dos resultados (se houverem).

B. Tema: Quantidade de calor absorvida por um corpo.

B.1. Objectivos:

- Determinar a quantidade do calor absorvido por um corpo no processo de aquecimento.
- Verificar a dependência funcional entre a quantidade de calor absorvido por um corpo e a variação de temperatura que este experimenta.

B.2. Esquema da montagem



B.3. Material necessário:

- 1 fogão a carvão vegetal
- 200g de carvão vegetal
- 1 termómetro
- 1 proveta com 200g de água (ma).

B.4. Procedimento:

1. Acender o fogão a carvão.
2. Ler a temperatura inicial da água (t_1).
3. Aquecer continuamente a água até atingir temperaturas finais de 25, 30, 35, 40, 45 e 50°C.

B.5. Cálculos/Tarefas:

1. Para cada uma das temperaturas finais determinar a variação de temperatura $\Delta t = t_2 - t_1$.
2. Através da fórmula (IV) determinar as quantidades de calor Q_1, Q_2, \dots, Q_6 . Preencher a tabela 8.

Tabela 8

ma (g)	t1(°C)	t2(°C)	Δt (°C)	Q(cal)
200				
200				
200				
200				
200				
200				

3. Com base nos resultados tabelados construir o gráfico da função $Q = f(\Delta t)$.
4. Qual é a imagem geométrica do gráfico obtido? Que tipo de proporcionalidade representa?
5. Que conclusão se pode tirar em relação à dependência entre a quantidade de calor absorvido pelo corpo (água) e a variação de temperatura que o mesmo experimenta?

C. Tema: Estudo do Equilíbrio Térmico.

C.1. Objectivo:

Determinar gráfica e analiticamente a temperatura de equilíbrio térmico de uma mistura de água.

C.2. Resumo teórico:

Sempre que se pretende determinar a temperatura de um corpo, deixa-se o termómetro em contacto com o tal corpo durante um certo intervalo de tempo. Procede-se desse modo porque é necessário que passe algum tempo, para que a temperatura do corpo e do termómetro se igualem, ou seja, é necessário que entre eles se estabeleça o **equilíbrio térmico**.

Chama-se Equilíbrio Térmico ou Termodinâmico ao estado em que todos os parâmetros termodinâmicos (pressão, volume, temperatura) se mantêm invariáveis por um período indefinidamente longo.

A temperatura caracteriza o estado térmico de um sistema macroscópico: Em todas partes do sistema que se encontra num estado de equilíbrio térmico, a temperatura tem o mesmo valor.

Tomemos um calorímetro de capacidade calorífica conhecida C_{cal} contendo uma certa quantidade de água fria de massa m_f a uma temperatura t_f . Se introduzirmos neste calorímetro uma outra massa de água quente m_q a temperatura t_q , teremos uma mistura de água que após um certo intervalo de tempo, atingirá o estado de equilíbrio térmico, em que as temperaturas das duas quantidades de água serão iguais a uma temperatura da mistura t_m .

Neste caso, o sistema termodinâmico em estudo é composto por três corpos macroscópicos: calorímetro, água fria e água quente. Assim, e de acordo com o procedimento experimental o princípio de conservação de energia será escrito na forma:

$$Q_{quente} = Q_{cal} + Q_{frio} \quad (\text{VIII})$$

Aplicando a equação (IV) e considerando as condições concretas da experiência, obteremos a equação que nos permite calcular a temperatura da mistura:

$$t_m = \frac{(C_{cal} + m_f \cdot c_a) + m_q \cdot c_a \cdot t_q}{c_a(m_f + m_q) + C_{cal}} \quad (\text{IX}) \quad \text{onde:}$$

t_m -temperatura da mistura ($^{\circ}\text{C}$)

t_q -temperatura da água quente ($^{\circ}\text{C}$)

C_{cal} -capacidade calorífica do calorímetro; $C_{cal}=29\text{cal}/^{\circ}\text{C}$

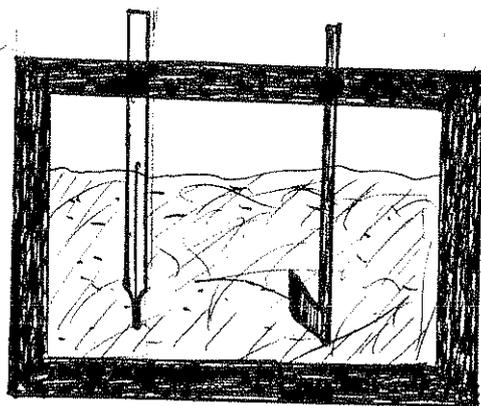
m_f -massa de água fria (g)

m_q -massa de água quente (g)

c_a -calor específico da água, $c_a=1\text{cal}/\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}$

t_f -temperatura da água fria ($^{\circ}\text{C}$)

C.3. Esquema da montagem



C.4. material necessário:

- 1 fogão a carvão vegetal
- 200g de carvão vegetal
- 1 calorímetro
- 1 termômetro
- 1 balança
- 1 proveta com água (300 ml)

C.5. Procedimento:

- 1-Acender o fogão
- 2-Introduzir 100g de água fria no calorímetro e ler a sua temperatura (t_f).
- 3-Ferver 130g de água até 80°C (t_q) e introduzir no calorímetro. Agitar bem a mistura.
- 4-Ler continuamente a temperatura da mistura de 1 em 1 minuto, durante 10 minutos.
- 5-Registar os resultados na tabela a seguir.

Tabela 9

tempo(min.)	$t_q(^{\circ}\text{C})$	$t_f(^{\circ}\text{C})$	$t_m(^{\circ}\text{C})$
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

C.6. Calculos:

- 1-Constua o gráfico da temperatura/tempo.
- 2-Com base no gráfico, determine o valor da temperatura de mistura.
- 3-Com ajuda da equação (IX), calcule a temperatura da mistura.
- 4-Compare o resultado analítico com o gráfico (experimental). Se houver diferenças, explique as possíveis causas de tais diferenças.

D. Tema: Determinação da capacidade calorífica do calorímetro.

D.1. Objectivo:

Calcular experimentalmente a capacidade calorífica de um calorímetro.

D.2. Resumo teórico:

O calorímetro é um aparelho cujo uma das finalidades é determinar o calor específico dos corpos. Este é constituído por dois recipientes: um exterior e outro interior. O recipiente interior é feito de material bom condutor de calor (latão, cobre, etc.). O recipiente exterior protege o interior de quaisquer perdas de calor por convecção ou por radiação térmica, estando para este fim, coberto de uma camada de tinta branca ou feito de latão envernizado. No recipiente interior coloca se um termómetro e uma pá ou

hélice do mesmo material do recipiente interior.

Uma das grandezas características do calorímetro é a sua **Capacidade Calorífica** ou **térmica**.

Se um corpo recebe uma quantidade de calor ΔQ e a sua temperatura variar Δt graus, a sua capacidade térmica é:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (\text{X})$$

Por tanto um corpo um corpo de capacidade térmica C , varia a sua temperatura em Δt graus quando absorve uma quantidade de calor ΔQ ;

$$\Delta Q = C \cdot \Delta t \quad (\text{XI})$$

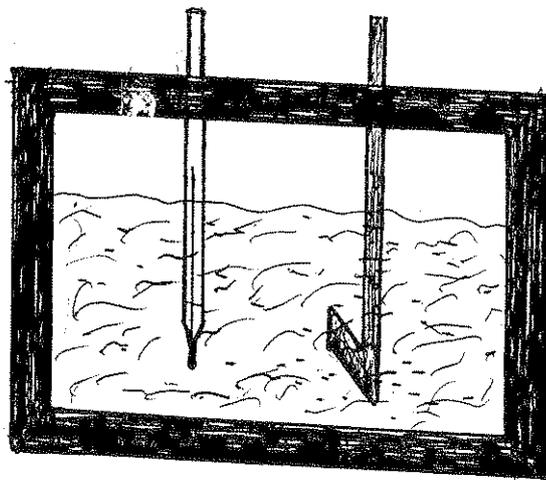
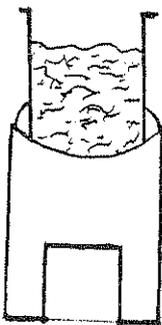
Do mesmo modo, e, partindo da suposição de que o sistema em análise (calorímetro, água quente e água fria) é fechado, escreveremos o princípio de conservação de energia na forma:

$$Q_{\text{quente}} + Q_{\text{cal}} = Q_{\text{frio}} \quad (\text{XII})$$

Desenvolvendo esta expressão, teremos a equação que nos permite calcular a capacidade calorífica (térmica) do calorímetro considerado:

$$C = c_a \cdot \left[\frac{m_f(t_m - t_f)}{t_q - t_m} - m_q \right] \quad (\text{XIII})$$

D.3. Esquema de montagem



D.4. Material necessário:

1 fogão a carvão vegetal

200g de carvão vegetal
 1 calorímetro
 1 termómetro
 1 balança
 1 proveta com água (300 ml)
 1 copo de vidro

D.5. Procedimento:

1. Acender o fogão a carvão
2. Deite 140g de água (m_q) num copo de vidro, aqueça até 80°C .
3. Tome 90g de água fria (m_f), meça a sua temperatura (t_f).
4. Deite a água quente no calorímetro; depois de se estabelecer o equilíbrio térmico entre a água e o calorímetro, meça a sua temperatura (t_q).
5. Deite a água fria de massa m_f e temperatura t_f no calorímetro.
6. Agitar continuamente a mistura, até se estabelecer o equilíbrio térmico e medir a respectiva temperatura t_m .
7. Preencher a seguinte tabela.

Tabela 10

$m_f(\text{g})$	$t_f(^{\circ}\text{C})$	$m_q(\text{g})$	$t_q(^{\circ}\text{C})$	$t_m(^{\circ}\text{C})$

D.6. Cálculos:

Calcular com ajuda da equação (XIII) a capacidade calorífica do calorímetro usado na experiência.

E. Tema: Mudanças de fase

E.1. Objectivos:

- Observar a fusão de gelo e a evaporação da água.
- Concretizar as leis que regem tais processos.
- Determinar a temperatura de fusão de gelo e a de ebulição da água.

E.2. Resumo teórico:

É um facto conhecido que as substâncias se apresentam na natureza em três estados (fases) diferentes, denominados **estado sólido**, **estado líquido** e **estado gasoso**. A temperatura e a pressão a que uma substân-

cia está submetida, determinam a fase (ou estado) em que ela se encontra. Por exemplo, a água que normalmente se encontra no estado líquido, poderá tornar-se num gás pela elevação da sua temperatura ou pela redução da pressão a que está submetida.

Quando isso acontece, ou seja quando uma substância passa de um estado para outro, diz-se que ela sofreu um **mudança de estado**

As mudanças de estado que podem ocorrer numa substância têm designações especiais:

Fusão-passagem de sólido para líquido

Soldificação-passagem de líquido para sólido

Vaporização-passagem de líquido para gás

Condensação(liquefação)-passagem de gás para líquido

Sublimação-passagem directa de sólido para gás ou vice-versa(sem passar pelo estado líquido)

Em seguida, vamos ver as leis que regem estes fenómenos (em particular aqueles de que estamos interessados nesta experiência).

Leis da fusão:

i) A uma dada pressão, a temperatura na qual ocorre a fusão (**ponto de fusão**) é bem determinada para cada substância.

Por exemplo, o gelo quando submetido a uma pressão de 1atm, funde-se a 0 °C (**ponto de fusão de gelo**):

ii) Se um sólido se encontra na sua temperatura de fusão, é necessário fornecer-lhe calor para que ocorra a mudança de estado. A quantidade de calor que deve ser fornecida por unidade de massa, é denominada **calor latente de fusão**, que é característico para cada substância.

iii) Durante a fusão, a temperatura do sólido permanece constante.

Leis da ebulição:

A passagem do estado líquido para o estado gasoso pode ocorrer de duas maneiras: por evaporação e por ebulição.

A vaporização por ebulição ocorre quando a passagem se faz rapidamente, a uma temperatura bem determinada para cada líquido. Este fenómeno obedece praticamente as mesmas leis que regem a fusão dos sólidos:

i) A uma dada pressão, a temperatura na qual ocorre a ebulição (**ponto de ebulição**) é bem determinada para cada substância.

Para a água, por exemplo, à pressão de 1atm, o ponto de ebulição é de 100°C.

ii) Se um líquido se encontra no seu ponto de ebulição, é necessário fornecer-lhe calor para que o processo se mantenha. A quantidade de calor que deve ser fornecida por unidade de massa, é denominada **calor latente de vaporização**, que é característico para cada substância.

iii) Durante a ebulição, apesar de se fornecer calor ao líquido a sua temperatura permanece constante e o vapor que se forma encontra-se à mesma temperatura do líquido.

E.3. material necessário:

- 1 fogão a carvão vegetal
- 200g de carvão vegetal
- 1 copo com gelo(até ao meio)

E.4. Procedimento:

1. Acender o fogão.
2. Tome o copo com gelo, e meça a temperatura do gelo.
3. Coloque o copo com gelo sobre o fogão aceso, leia e registre a temperatura do gelo de 2 em 2 minutos.
4. Depois de o gelo ter se fundido, continue a aquecer a água.(e registrar a temperatura segundo o passo 3) até 5 minutos depois do início da ebulição. preencha a tabela a seguir.

Tabela 11

t(min.)	0	2	4	6	
t(°C)					

E.5. Tarefas:

1. Construa o gráfico da temperatura/tempo.
2. Em que instantes a temperatura se manteve constante? Qual é o valor da temperatura nesses instantes? Qual foi o comportamento do gelo e da água nesses instantes?

3. Com base no gráfico determine o ponto de fusão de gelo e o ponto de ebulição da água?

IV. Conclusões

Do estudo feito ao longo da realização deste trabalho conclui-se que:

1-A produção de carvão vegetal na província de Sofala (em particular o distrito de Nhamatanda- localidade de Jasse) realiza-se nos **moldes tradicionais**, por conseguinte, não existem critérios cientificamente elaborados para o controle da qualidade do produto final.

2-Só com base neste trabalho, não é possível afirmar categoricamente se a deflorestação é ou não efeito do abate das árvores para a produção de carvão e lenha. Entretanto, pode-se afirmar com maior probabilidade de certeza que o abate das árvores para satisfazer a demanda de energia, para a produção de madeira e para prática da agricultura são factores que juntos contribuem para a deflorestação.

3-Na cidade da Beira, não existe alguma entidade (privada ou comunitária) vocacionada especificamente para a produção de fogões a carvão vegetal. Esta actividade é realizada ora por latoeiros, ora por bate-chapas como actividade de segundo plano. Daí a diversidade tanto nos parâmetros geométricos de construção, bem com no tipo de material de fabricação.

4-Como consequência da conclusão anterior, o espectro em termos de qualidade do fogão fabricado nesta cidade é muito vasto.

5-Um dos fogões mais usado na cidade da Beira é o de **uma boca quadrada**; Este, apresenta altos valores de consumo de carvão por unidade de água evaporada e baixo rendimento térmico. Com uma probabilidade de 0,95 o mesmo exibiu durante os testes de fervura, seguintes valores:

Potência: $(4,3 \pm 1,2)$ KW na A.P. e $(1,5 \pm 0,4)$ KW na B.P.

Consumo específico: $(2,1 \pm 0,4)$ na A.P. e $(0,9 \pm 0,3)$ na B.P.

Rendimento: $(22,3 \pm 2,3)\%$

6-O protótipo construído exibiu baixos valores de consumo de carvão por unidade de água evaporada e alto rendimento em comparação ao fogão de uma boca quadrada; com a mesma probabilidade tivemos:

Potência: $(5,3 \pm 1,2)$ KW na A.P. e $(1,2 \pm 0,3)$ KW na B.P.

Consumo específico: $(0,7 \pm 0,2)$ na A.P. e $(0,5 \pm 0,2)$ na B.P.

Rendimento: $(31,5 \pm 4)\%$

7-A construção de um fogão melhorado requer a combinação das

dimensões da panela e do fogão, a correcta selecção do material de fabrico (chapas de pequena espessura são as mais ideais), e o tipo de grelha (uma grelha perfurada conserva mais o carvão em combustão que a de barras).

8-A ineficácia dos actuais programas de ensino de física, a falta de meios materiais e a falta de iniciativa própria por parte dos professores são as causas principais da fraca actividade experimental que se observa actualmente em várias escolas.

9-No processo de ensino da Física escolar, o fogão a carvão vegetal apresenta-se como meio didáctico alternativo capaz de resolver com relativo sucesso o problema de falta de fontes de calor em muitas escolas, mas para tal, os professores de Física devem primeiro criar condições para a inserção deste objecto no processo por um lado, e por outro assegurar que a introdução do mesmo não altere o ritmo normal do processo pedagógico.

V- Recomendações

Face às constatações feitas neste trabalho, recomenda-se:

1-Desenvolver acções concretas no sentido de optimizar o processo de produção de carvão vegetal.

2-Criar condições em termos de meios materiais que permitam a realização de testes dos fogões a carvão vegetal usados na cidade da Beira e arredores de forma a que se possa investigar, identificar e construir o fogão melhorado e adequado aos usos e costumes da população local.

3-O melhoramento do fogão a carvão vegetal deve incidir essencialmente na busca de um **fogão de simples construção que garante maior economia possível de combustível.**

4-Desenvolver esforços no sentido de criar-se nesta zona do país um banco de dados sobre a cozinha doméstica e sobre o consumo dos recursos bioenergéticos disponíveis

5-A busca de soluções locais simples, para resolver o problema de falta de meios materiais para a realização das experiências de Física nas escolas.

6-A revisão dos actuais programas de ensino da Física, no sentido de aumentar a quantidade de horas lectivas destinadas á práticas laboratoriais.

7-Que o programa imponha obrigatoriedade na realização de experiências com os alunos através da especificação das experiências (demonstrativas e laboratoriais) que devem ser concretizadas em cada capítulo.

8-Para que a inserção do fogão no processo de ensino da Física tenha êxito, é necessário que:

- a) Cada escola tenha a disposição uma determinada quantidade de fogões a carvão vegetal.⁽⁴⁾
- b) Cada grupo de 3 a 4 alunos (dependendo do tamanho da turma) deve dispor de 1 (um) fogão.
- c) As experiências laboratoriais que envolvem o fogão a carvão sejam realizadas fora do laboratório; E, como nestas condições o nível de concentração dos alunos tende a baixar, o professor terá que se esforçar no sentido de manter um domínio total sobre os seu educandos.
- d) Nas aulas experimentais de carácter demonstrativo (experiências demonstrativas) o professor prepare o fogão com antecedência, de forma a levá-lo a sala já aceso.
- e) Os alunos usem batas (se possível) ao longo das experiências e manejem o carvão através de pinças.

(4) Aconselha-se a concepção de pequenos fogões semelhantes ao protótipo construído neste trabalho mas de dimensões reduzidas, feitos a partir de de latas de conservas ou outro tipo de desperdícios (Veja Extractos do manual da UNESCO para o ensino das ciências; UEM, 1983; p.55-59)

Bibliografia

Bussmann, P.I. ; Visser, P. (1983)

Domestic Heat Utilization

Biomass Tecnology Group (B.T.G.).

Chapman, Alan J. (1968)

Transmission del Calor

Ediciones Inter Ciência-Castanilla de Los Angeles 15,
Madrid

Costa, F. (1987)

Manual de Legislação Florestal

Ministério da Agricultura

Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia

Gmurman, V.E. (1983)

Teoria de Probabilidade e Estatística Matemática

Editora Mir Moscovo

Jdanov, L.S. ; Jdanov, G. L. (1985)

Física para o Ensino Técnico Especializado

Mir, Moscovo.

Luiz, Adir M. (1985)

Como aproveitar a energia solar

Edgard Bluecher Ltd Brasil, Rio de Janeiro

Mirshawka, Victor (1980)

Probabilidade e Estatística para Engenharia

Livraria Nobel S.A., Brasil

Munslow, Barry (1984)

Energy, Environment and Development in África

Beijer Institute & Scandinavian Institute of África studies, Upsala

Piper, A. (1981)

Petróleo

Alladin Books Ltd e Verbo
Lisboa/São Paulo.(Brasil)

Satchwell, John (1983)

Energias do Futuro

Alladin Books Ltd. e Verbo
Lisboa/São Paulo (Brasil)

Souza, Paulo Ferreira de (1947)

Tecnologia dos Produtos Florestais

Imprensa Nacional. Rio de Janeiro (Brasil).

S/A

Energy Basics-Tecnology and Development Group

Third edition; 1988.

Texeira, José A. (s/d)

Compêndio de Química 2º Ciclo

Porto editora, Porto

Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura; 4º tomo

Editorial Verbo, Lisboa; 1966.

Ambio; Vol. XIV Nº 4 e 5; 1985.

Anexos

Anexo 1

Folha de dados e cálculos (WBT)

TESTE Nº _____ LOCAL _____
 DATA ____/____/____ TEMPERATURA DO AR _____ °C
 VELOCIDADE DO VENTO _____ m/s
 CONDIÇÃO DO FOGÃO _____
 OBSERVAÇÕES _____

 PESSOA QUE REALIZA O TESTE _____

DADOS BÁSICOS DO TESTE

	INÍCIO	FIM(A.P.)	FIM(B.P.)
MASSA DO CARVÃO(m_c)	m_{ic}	m_{c1}	m_{c2}
MASSA DA PANELA(m_p)	m_{ip}	m_{p1}	m_{p2}
MASSA DA ÁGUA(m_a)	m_{ia}	m_{a1}	m_{a2}
TEMPERATURA DA ÁGUA(t_a)	t_{ia}	t_b	t_{a2}
TEMPO(t)	t_0	t_1	t_2

CÁLCULOS

	A.P.	B.P.
MASSA DO CARVÃO CONSUMIDO(m_{cc})	$m_{ic} - m_{c1}$	$m_{c1} - m_{c2}$
MASSA DA ÁGUA EVAPORADA(Δm_a)	$m_{ia} - m_{a1}$	$m_{a1} - m_{a2}$
VARIAÇÃO DA TEMPERATURA(Δt)	$t_b - t_{ia}$	$t_{a2} - t_b$
DURAÇÃO DO TESTE(t)	$t_1 - t_0$	60 min.
POTÊNCIA(P)		
CONSUMO ESPECÍFICO(C_e)		
RENDIMENTO(η)		

Anexo 2

Resultados dos testes de fervura da água

2.1. 1ª Série

Dimensões da panela:

 $m_p=250\text{g}$ $d_p=18\text{cm}$ $V=2,250\text{l}$

O fogão a carvão vegetal de uma boca quadrada (veja a fig.3) operando com a panela de dimensões a cima citadas, no decurso dos testes de fervura da água (1ª Série) apresentou os resultados a seguir descritos:

($m_{ia}=1,750\text{kg}$)

Teste nº1

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,3	0,18
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,15	0,19
$\Delta T(\text{K})$	342,5	273
$t(\text{min.})$	40	60
$P(\text{KW})$	3,7	1,5
C_e	2	0,9
$\eta(\%)$	23	

Teste nº2

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,3	0,2
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,15	0,22
$\Delta T(\text{K})$	347	275
$t(\text{min.})$	42	60
$P(\text{KW})$	3,5	1,65
C_e	2	0,9
$\eta(\%)$	22,8	

Teste nº3

A.P. B.P.

$m_{cc}(kg)$	0,31	0,19
$\Delta m_a(kg)$	0,16	0,25
$\Delta T(K)$	345	275
$t(\text{min.})$	35	60
$P(KW)$	4,3	1,6
C_e	1,9	0,8
$\eta(\%)$	23,3	

Teste nº4

A.P. B.P.

$m_{cc}(kg)$	0,35	0,16
$\Delta m_a(kg)$	0,15	0,2
$\Delta T(K)$	343	273
$t(\text{min.})$	39	60
$P(KW)$	4,4	1,3
C_e	2,3	0,8
$\eta(\%)$	21,9	

Teste nº5

A.P. B.P.

$m_{cc}(kg)$	0,3	0,21
$\Delta m_a(kg)$	0,15	0,18
$\Delta T(K)$	345	273
$t(\text{min.})$	37	60
$P(KW)$	4	1,7
C_e	2	1,2
$\eta(\%)$	21,7	

Teste nº6

A.P. B.P.

$m_{cc}(kg)$	0,34	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,16	0,21
$\Delta T(K)$	344,5	277
$t(\text{min.})$	36	60
$P(KW)$	4,7	1,2
C_e	2,1	0,7
$\eta(\%)$	23,1	

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,36	0,19
$\Delta m_a(kg)$	0,14	0,2
$\Delta T(K)$	344	273
$t(min.)$	33	60
$P(KW)$	5,4	1,6
C_e	2,6	0,95
$\eta(\%)$	20,2	

2.2. 2ª Série (Variação da altura da câmara de cinzas-H)

Ao reduzir a altura da câmara de cinzas em 4, 8cm e manter inalteráveis as demais dimensões tanto do fogão como da panela, recebemos os seguintes resultados:

a) $H_1 = (H-4)cm = 8cm$; ($m_{ia} = 1,750kg$)

Teste nº1

Teste nº2

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,34	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,29	0,15
$\Delta T(K)$	345	278
$t(min.)$	34	60
$P(KW)$	5	1,2
C_e	1,2	1
$\eta(\%)$	24,2	

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,34	0,17
$\Delta m_a(kg)$	0,32	0,18
$\Delta T(K)$	344	275
$t(min.)$	31	60
$P(KW)$	5,4	1,4
C_e	1,1	0,9
$\eta(\%)$	24,1	

Teste nº3

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,34	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,33	0,2
$\Delta T(K)$	349,5	275
$t(min.)$	34	60
$P(KW)$	4,9	1,2
C_e	1	0,75
$\eta(\%)$	25,9	

Teste nº4

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,3	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,3	0,16
$\Delta T(K)$	342,8	277,5
$t(min.)$	29	60
$P(KW)$	5,1	1,2
C_e	1	0,9
$\eta(\%)$	26,6	

Teste nº5

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,3	0,2
$\Delta m_a(kg)$	0,3	0,17
$\Delta T(K)$	340,5	278
$t(min.)$	29	60
$P(KW)$	5,1	1,7
C_e	1	1,2
$\eta(\%)$	24	

Teste nº6

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,29	0,18
$\Delta m_a(kg)$	0,28	0,22
$\Delta T(K)$	344,3	274,8
$t(min.)$	30	60
$P(KW)$	4,8	1,5
C_e	1	0,8
$\eta(\%)$	26,2	

Teste nº7

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,3	0,175
$\Delta m_a(kg)$	0,3	0,16
$\Delta T(K)$	341,8	277,3
$t(min.)$	30	60
$P(KW)$	4,9	1,4
C_e	1	1,1
$\eta(\%)$	25,2	

b) $H_2=4cm$; $m_{ia}=1,750 kg$

Teste nº1

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,3	0,2
$\Delta m_a(kg)$	0,32	0,3
$\Delta T(K)$	342,8	273,2
$t(min.)$	36	60
$P(KW)$	4,1	1,7
C_e	0,9	0,7
$\eta(\%)$	26,4	

Teste nº2

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,32	0,205
$\Delta m_a(kg)$	0,3	0,25
$\Delta T(K)$	344,5	273,5
$t(min.)$	34	60
$P(KW)$	4,6	1,7
C_e	1,1	0,8
$\eta(\%)$	24,2	

Teste nº3

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,32	0,19
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,3	0,28
$\Delta T(\text{K})$	343,5	284
$t(\text{min.})$	3 1	6 0
$P(\text{KW})$	5,1	1,6
C_e	1,1	0,7
$\eta(\%)$	25,3	

Teste nº4

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,29	0,17
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,29	0,26
$\Delta T(\text{K})$	343	278
$t(\text{min.})$	3 4	6 0
$P(\text{KW})$	4,2	1,4
C_e	1	0,7
$\eta(\%)$	27,5	

Teste nº5

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,3	0,16
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,28	0,25
$\Delta T(\text{K})$	346	279
$t(\text{min.})$	3 6	6 0
$P(\text{KW})$	4,1	1,3
C_e	1,1	0,6
$\eta(\%)$	27,4	

Teste nº6

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,28	0,17
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,25	0,3
$\Delta T(\text{K})$	337,5	273
$t(\text{min.})$	3 5	6 0
$P(\text{KW})$	3,9	1,4
C_e	1,1	0,6
$\eta(\%)$	27,9	

Teste nº7

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,3	0,15
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,25	0,25
$\Delta T(\text{K})$	340,5	274,5
$t(\text{min.})$	32	60
$P(\text{KW})$	4,6	1,2
C_e	1,2	0,6
$\eta(\%)$	27,2	

2.3. Variação da distância grelha-panela (D); $m_{ia}=1,750\text{kg}$

Neste caso, alteramos a distância grelha-panela ($D=11\text{cm}$) do fogão em 3cm e conservamos as demais dimensões. Operando com a mesma panela, este forneceu os seguintes resultados:

Teste nº1

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,25	0,19
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,2	0,225
$\Delta T(\text{K})$	341	278
$t(\text{min.})$	43	60
$P(\text{KW})$	2,9	1,6
C_e	1,3	0,8
$\eta(\%)$	26,5	

Teste nº2

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(\text{kg})$	0,24	0,16
$\Delta m_a(\text{kg})$	0,2	0,22
$\Delta T(\text{K})$	340	277
$t(\text{min.})$	44	60
$P(\text{KW})$	2,7	1,3
C_e	1,2	0,7
$\eta(\%)$	29,1	

Teste nº3

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,24	0,175
$\Delta m_a(kg)$	0,2	0,25
$\Delta T(K)$	341	276
$t(\text{min.})$	41	60
$P(KW)$	2,9	1,4
C_e	1,2	0,7
$\eta(\%)$	28,6	

Teste nº4

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,2	0,16
$\Delta m_a(kg)$	0,15	0,25
$\Delta T(K)$	340	275
$t(\text{min.})$	45	60
$P(KW)$	2,2	1,3
C_e	1,3	0,6
$\eta(\%)$	31,8	

Teste nº5

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,2	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,18	0,2
$\Delta T(K)$	340	279
$t(\text{min.})$	40	60
$P(KW)$	2,5	1,2
C_e	1,1	0,75
$\eta(\%)$	31,8	

Teste nº6

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,2	0,19
$\Delta m_a(kg)$	0,2	0,25
$\Delta T(K)$	340,5	274,5
$t(\text{min.})$	37	60
$P(KW)$	2,7	1,6
C_e	1	0,8
$\eta(\%)$	30,4	

Teste nº7

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,25	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,25	0,2
$\Delta T(K)$	341	276
$t(min.)$	40	60
$P(KW)$	3,1	1,2
C_e	1	0,75
$\eta(\%)$	29,7	

2.4. Do protótipo

Sob as mesmas condições operatórias, durante os testes de fervura da água, o protótipo apresentou os seguintes resultados:

Teste nº1

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,25	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,405	0,3
$\Delta T(K)$	341	300
$t(min.)$	26	60
$P(KW)$	4,7	1,2
C_e	0,6	0,5
$\eta(\%)$	34,5	

Teste nº2

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,3	0,175
$\Delta m_a(kg)$	0,42	0,32
$\Delta T(K)$	341	274
$t(min.)$	27	60
$P(KW)$	5,5	1,4
C_e	0,7	0,5
$\eta(\%)$	29,6	

Teste nº3

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,32	0,18
$\Delta m_a(kg)$	0,35	0,31
$\Delta T(K)$	341	273
$t(min.)$	28	60
$P(KW)$	5,7	1,5
C_e	0,9	0,6
$\eta(\%)$	26,9	

Teste nº4

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,3	0,13
$\Delta m_a(kg)$	0,4	0,3
$\Delta T(K)$	341	276
$t(min.)$	31	60
$P(KW)$	4,5	1,1
C_e	0,75	0,4
$\eta(\%)$	32	

Teste nº5

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,3	0,12
$\Delta m_a(kg)$	0,4	0,35
$\Delta T(K)$	345	282
$t(min.)$	26	60
$P(KW)$	5,7	0,99
C_e	0,75	0,3
$\eta(\%)$	33,9	

Teste nº6

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,3	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,4	0,34
$\Delta T(K)$	343	275
$t(min.)$	25	60
$P(KW)$	5,9	1,2
C_e	0,75	0,4
$\eta(\%)$	31,4	

Teste nº7

	A.P.	B.P.
$m_{cc}(kg)$	0,28	0,15
$\Delta m_a(kg)$	0,38	0,31
$\Delta T(K)$	342	274,5
$t(\text{min.})$	27	60
$P(KW)$	5,1	1,2
C_e	0,7	0,5
$\eta(\%)$	31,5	

Anexo 3

Resumo estatístico dos resultados dos testes de fervura da água

Os resultados obtidos ao longo dos ensaios são estatisticamente tratados e lançados nas tabelas a seguir:

	1ª Série											$\eta(\%)$
	$m_{cc}(kg)$		$\Delta m_a(kg)$		$t(\text{min})$		$P(KW)$		C_e			
	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.		
1	0,3	0,18	0,15	0,19	40	60	3,7	1,5	2	0,9	23	
2	0,3	0,2	0,15	0,22	42	60	3,5	1,6	2	0,9	22,8	
3	0,31	0,19	0,16	0,25	35	60	4,3	1,6	1,9	0,8	23,3	
4	0,35	0,16	0,15	0,2	39	60	4,4	1,3	2,3	0,8	21,9	
5	0,3	0,21	0,15	0,18	37	60	4	1,7	2	1,2	21,7	
6	0,34	0,15	0,16	0,21	36	60	4,7	1,2	2,1	0,7	23,1	
7	0,36	0,19	0,14	0,2	33	60	5,4	1,6	2,6	0,95	20,2	
X	0,323	0,183	0,151	0,207	37	60	4,3	1,5	2,1	0,9	22,3	
S	0,066	0,048	0,014	0,048	7	-	1,3	0,4	0,5	0,3	2,5	
95%IC	0,32±0,06	0,18±0,04	0,15±0,01	0,21±0,04	37±6	-	4,3±1,2	1,5±0,4	2,1±0,4	0,9±0,3	22±2 *	

2^a Série
a) H1=8cm

	mcc(kg)		Δma (kg)		t(min)		P(KW)		Ce		η(%)
	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	
1	0,34	0,15	0,29	0,15	34	60	5	1,2	1,2	1	24,2
2	0,34	0,17	0,32	0,18	31	60	5,4	1,4	1,1	0,9	24,1
3	0,34	0,15	0,33	0,2	34	60	4,9	1,2	1	0,75	25,9
4	0,3	0,15	0,3	0,16	29	60	5,1	1,2	1	0,9	26,6
5	0,3	0,2	0,3	0,17	29	60	5,1	1,7	1	1,2	24
6	0,29	0,18	0,28	0,22	30	60	4,8	1,5	1	0,8	26,2
7	0,3	0,175	0,3	0,16	30	60	4,9	1,4	1	1,1	25,2
X	0,316	0,168	0,303	0,177	31	60	5,1	1,4	1	0,95	25,2
S	0,06	0,044	0,036	0,048	4,8	-	0,4	0,4	0,1	0,4	2,6
95%IC	0,32±0,05	0,17±0,04	0,3±0,03*	0,18±0,04	31±4	-	5,1±0,4	1,4±0,4	1±0,1	0,9±0,3	25±2
	*	*		*						*	*

b)
H2=4cm

	mcc(kg)		Δma(kg)		t(min)		P(KW)		Ce		η(%)
	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	
1	0,3	0,2	0,32	0,3	36	60	4,1	1,7	0,9	0,7	26,4
2	0,32	0,205	0,3	0,25	34	60	4,6	1,7	1,1	0,8	24,2
3	0,32	0,19	0,3	0,28	31	60	5,1	1,6	1,1	0,7	25,3
4	0,29	0,17	0,29	0,26	34	60	4,2	1,4	1	0,7	27,5
5	0,3	0,16	0,28	0,25	36	60	4,1	1,3	1,1	0,6	27,4
6	0,28	0,17	0,25	0,3	35	60	3,9	1,4	1,1	0,6	27,9
7	0,3	0,15	0,25	0,25	32	60	4,6	1,2	1,2	0,6	27,2
X	0,301	0,178	0,284	0,27	34	60	4,4	1,5	1,1	0,7	26,5
S	0,03	0,05	0,06	0,057	4,1	-	0,98	0,49	0,16	0,16	3,1
95%IC	0,3±0,03	0,18±0,05	0,28±0,05	0,27±0,05	34±4	-	4,4±0,9	1,5±0,5	1,1±0,2	0,7±0,2	26±3
	*	*	*	*							*

3ª Série;
DI=8cm

	mcc(kg)		Δma(kg)		t(min)		P(KW)		Ce		η(%)
	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	
1	0,25	0,19	0,2	0,225	43	60	2,9	1,6	1,3	0,8	26,5
2	0,24	0,16	0,2	0,22	44	60	2,7	1,3	1,2	0,7	29,1
3	0,24	0,175	0,2	0,25	41	60	2,9	1,4	1,2	0,7	28,6
4	0,2	0,16	0,15	0,25	45	60	2,2	1,3	1,3	0,6	31,8
5	0,2	0,15	0,18	0,2	40	60	2,5	1,2	1,1	0,75	31,8
6	0,2	0,19	0,2	0,25	37	60	2,7	1,6	1	0,76	30,4
7	0,25	0,15	0,25	0,2	40	60	3,1	1,2	1	0,75	29,7
X	0,225	0,168	0,197	0,228	41	60	2,7	1,4	1,2	0,7	29,7
S	0,063	0,042	0,053	0,054	6,1	-	0,6	0,41	0,28	0,37	4
95%IC	0,22±0,06*	0,17±0,04*	0,2±0,05*	0,23±0,05*	41±6	-	2,7±0,6	1,4±0,4	1,2±0,3	0,7±0,1	29,7±4

4ª Série
(protótipo)

	mcc(kg)		Δma(kg)		t(min)		P(KW)		Ce		η(%)
	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	A.P.	B.P.	
1	0,25	0,15	0,405	0,3	26	60	4,7	1,2	0,6	0,5	34,5
2	0,3	0,175	0,42	0,32	27	60	5,5	1,4	0,7	0,5	29,6
3	0,32	0,18	0,35	0,31	28	60	5,7	1,5	0,9	0,6	26,9
4	0,3	0,13	0,4	0,3	31	60	4,5	1,1	0,75	0,4	32
5	0,3	0,12	0,4	0,35	26	60	5,7	0,99	0,75	0,3	33,9
6	0,3	0,15	0,4	0,34	25	60	5,9	1,2	0,75	0,4	31,4
7	0,28	0,15	0,38	0,31	27	60	5,1	1,2	0,7	0,5	31,9
X	0,293	0,15	0,394	0,318	27	60	5,3	1,2	0,7	0,5	31,5
S	0,045	0,043	0,046	0,044	3,7	-	1,3	0,18	0,18	0,2	5,27
95%IC	0,29±0,04*	0,15±0,04*	0,39±0,04*	0,32±0,04*	27±3	-	5,3±1,2	1,2±0,3	0,7±0,2	0,5±0,2	31,5±4

*-arredondado a duas casas decimais

Tabela da Estimativa da diferença dos valores esperados (médias)

$n=7$

$\gamma=95\%$

$t=t(n;\gamma)=2,18.$

		P	Conclusão	Ce	Conclusão	η	Conclusão
X1-X2	A.P.	[-1,9;0,3]	*	[0,7;1,5]	Ce1>Ce2	[-5,6;0,4]	*
	B.P.	[-0,4;0,6]	*	[-0,4;0,3]	*		
X1-X3	A.P.	[-0,5;1,3]	*	[0,6;1,4]	Ce1>Ce3	[-7,4;-0,9]	$\eta_1 < \eta_3$
	B.P.	[-0,5;0,5]	*	[0;0,4]	idem		
X1-X4	A.P.	[0,4;2,8]	PI>P4	[0,4;1,4]	Ce1>Ce4	[-11,2;-3,5]	$\eta_1 < \eta_4$
	B.P.	[-0,4;0,6]	*	[-0,2;0,6]	*		
X1-X5	A.P.	[-2,5;0,5]	*	[1;1,8]	Ce1>Ce5	[-15,6;-5,9]	$\eta_1 < \eta_5$
	B.P.	[-0,1;0,7]	*	[0,1;0,7]	idem		

*- difícil julgamento com a probabilidade tomada.

Anexo 5

Tabela dos Calores calculados

		1ª Série	2ª Série		3ª Série	4ª Série (protótipo)
			a)H ₁ =8cm	b)H ₂ =4cm	D ₁ =8cm	
Q _{ab} (KJ)	1	2.517,350	2.535,750	2.519,580	2.506,350	2.506,350
	2	2.550,450	2.528,400	2.532,075	2.506,350	2.506,350
	3	2.535,750	2.568,825	2.524,725	2.506,350	2.506,350
	4	2.521,050	2.519,580	2.521,050	2.499,000	2.506,350
	5	2.535,750	2.502,675	2.543,100	2.499,000	2.535,750
	6	2.532,075	2.530,605	2.480,625	2.502,675	2.521,050
	7	2.528,400	2.512,230	2.502,675	2.506,635	2.513,700
Q _{vap} (KJ)	1	768,4	994,4	1.401,1	906,5	1.593,3
	2	836,2	1.130	1.243	949,2	1.672,4
	3	926,6	1.197,8	1.310,8	1.017	1.491,6
	4	791,0	1.039,6	1.243	904	1.582
	5	745,8	1.062,2	1.197,8	858,8	1.695
	6	836,2	1.130	1.243	1.017	1.672,4
	7	768,4	1.039,6	1.130	1.017	1.559,4
Q _{lib} (KJ)	1	14.256	14.553	14.850	13.068	11.880
	2	14.850	15.147	15.592,5	11.880	14.107,5
	3	14.850	14.553	15.147	12.325,5	14.850
	4	15.147	13.365	13.662	10.692	12.771
	5	15.147	14.850	13.662	10.395	12.474
	6	14.553	13.959	13.365	11.583	13.365
	7	16.335	14.107,5	13.365	11.880	12.771