



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Mecânica
Ramo: Termotecnia

Disciplina: Projecto do Curso

**Projecto de uma fornalha para a queima de
Biomassa lenhosa para alimentar o ciclo
de refrigeração por absorção**

Autor: Armando, Momade

Supervisor: Prof, Dr, Eng,^o Jorge Nhambiu

Maputo, Dezembro de 2006

ESTRUTURA DO TRABALHO

1. INTRODUÇÃO
2. OBJECTIVOS
3. MOTIVAÇÃO NO PROJECTO
4. ESTUDO DO ESTADO DA ARTE
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE:
 - *Sistemas de refrigeração;*
 - *Fluidos Refrigerantes;*
 - *Princípios de combustão;*
6. *CÁLCULO TÉRMICO E PROJECTIVO DA FORNALHA*
7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Introdução

- Considerações económicas e ambientais trouxeram um novo interesse nos refrigeradores alimentados por uma fonte de calor, refrigeração por absorção,
- Esses sistemas podem utilizar fontes de energias renováveis, tais como gases quentes expelidos nos motores de bombustao interna, ou mesmo energia oriunda da Biomassa,
- Em situações especiais, onde a preservação do ambiente é prioridade, a refrigeração com o recurso a fontes de energia renováveis é uma alternativa na conservação de alimentos e suprimento médico,

2. OBJECTIVOS:

- Estudo da possibilidade de aproveitamento da energia térmica obtida da queima da Biomassa lenhosa ou carvão para o funcionamento de uma geleira;
- Determinação da eficiência da combustão e o consumo de combustível;
- Cálculo do volume da área activa da fornalha;
- Determinação do comprimento do tubo bomba, necessário para a vaporização da mistura refrigerante na fornalha;

3. MOTIVAÇÃO NO PROJECTO

- A motivação deste estudo é demonstrar a viabilidade termodinâmica da utilização de um equipamento de refrigeração por absorção, em substituição dos sistemas de refrigeração convencionais, que funcionam por compressão de vapor,
- As geleiras que funcionam na base do ciclo de refrigeração por absorção são muito úteis quando não se pode contar com a energia eléctrica, como na maior parte das zonas rurais do país, onde a lenha por vezes não é comprada, apenas é recolhida pelos agregados familiares,
- Vários factores apontam favoravelmente para a utilização do ciclo de refrigeração por absorção, tais como: custos acessíveis de combustível, custo operacional, custo aplicativo e o reduzido impacto ao meio ambiente,

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Aplicações da Refrigeração

- Na indústria de alimentos;
- Na fabricação de gelo;
- Na indústria de construção;
- Na metalurgia;
- Na medicina;
- No condicionamento de ar;
- Na indústria química;

- Os equipamentos de refrigeração são divididos em dois grupos principais, por compressão e por absorção, A diferença entre eles está na forma de elevação da pressão do fluido refrigerante,

- O sistema de compressão de vapor usa um compressor para esse efeito e o de absorção usa um tubo bomba para esse fim,

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

➤ *Tipos de sistemas de absorção*

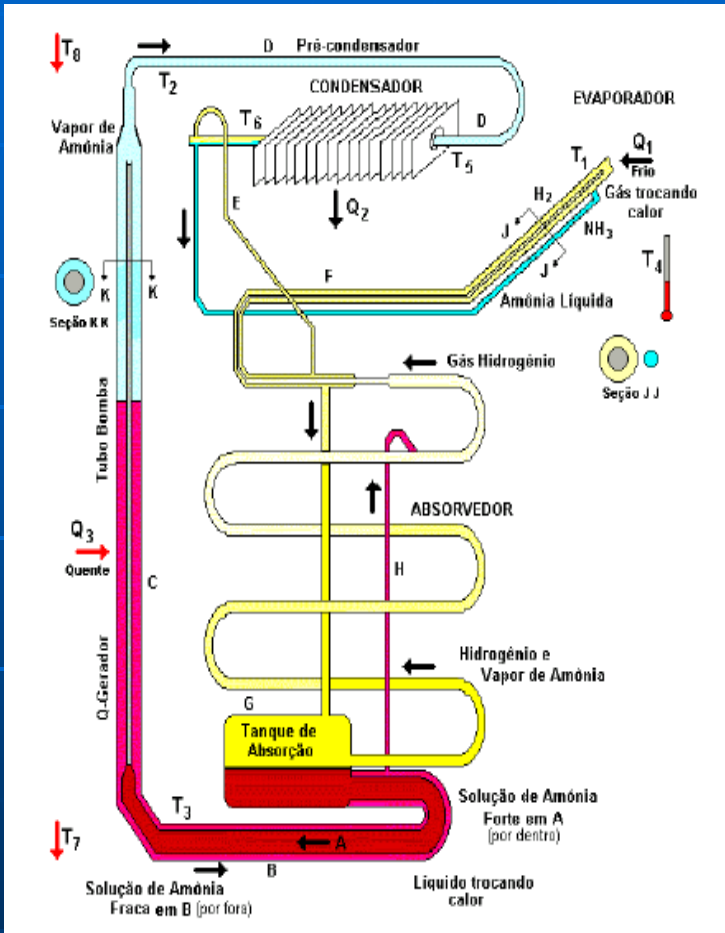
1. Sistemas intermitentes;
2. Sistemas contínuos (Sistema Electrolux);
3. Sistemas industriais,

➤ *Também podem ser classificados quanto a sua fonte de calor:*

1. Querosene;
2. Gás natural;
3. Vapor;
4. Energia eléctrica;
5. Energia solar,

Princípio de funcionamento dos sistemas de refrigeração por absorção

- Com aquecimento do tubo bomba (central e externo), a solução de amônia e água começa a subir,
- Na parte mais alta do tubo central a água retorna pelo tubo externo, ao tanque de absorção, A amônia na fase de vapor, a 150°C , caminha para o pré-condensador onde é resfriada pela troca de calor com o ambiente (tem-se liquido e vapor);
- A amônia líquida, vai para o tubo do evaporador onde absorve o hidrogênio que vem do absorvedor e o vapor de amônia, segue para o tanque de absorção;
- No tanque de absorção, a amônia e o hidrogênio, provenientes do evaporador, se misturam com a água que lá está contida, libertando-se o hidrogênio, que flui para o tubo (H) e pelo absorvedor e forma-se uma solução forte novamente, deslocando-se para os tubos concêntricos (C), e então reiniciando o ciclo,



Fluidos Refrigerantes

- Nos sistemas de reefergeracao por absorcao há necessidade de dois fluidos: o **fluido refrigerante**- remove calor do meio desejado por evaporação e o **fluido absorvente** - absorve vapor do refrigerante a baixas temperaturas,
- Existem vários pares de refrigerantes e absorventes, sendo os mais usados a amónia e água, água e brometo de lítio,
- No presente projecto recomenda-se o uso de par de amónia e a água:
 1. *pelo facto de amónia ser o único agente refrigerante natural ecologicamente viável, por não agredir a camada de ozónio e tão pouco agravar o efeito estufa;*
 2. *Possui boas propriedades termodinâmicas de transferência de calor e de massa ;*
 3. *o rendimento das máquinas utilizando amoníaco é dos melhores;*

Desvantagens de amónia na refrigeração

- Apesar das Vantagens, o amoníaco apresenta também alguns riscos para o Homem:

Provoca ingestão, os sintomas incluem náusea e vômitos, causando danos aos lábios, boca e esófago;

Os vapores são extremamente irritantes e corrosivos, causando a inalação;

Soluções concentradas podem produzir queimaduras severas e necroses na pele;

Princípios de combustão da Biomassa

Na Biomassa lenhosa existem quatro tipos de substâncias:

- *Resinas, que irão se tornar gases inflamáveis;*
- *Fibras que se transformam em carvão ao serem aquecidas;*
- *Água, presente na forma de humidade;*
- *Cinza, que representam a parte da madeira que não reage com o oxigénio do ar,*

➤ Para a combustão da Biomassa é necessário que:

- *O ar oxidante seja suficientemente fornecido;*
- *A mistura combustível/ar produzida no processo necessita de um tempo de actuação na área de reacção;*
- *Todo o processo necessita de uma temperatura de combustão suficientemente elevada,*

Princípios de combustão da Biomassa

- A madeira "seca " para ser utilizada como lenha costuma ter mais ou menos um décimo de seu peso em água, Do que sobra, cerca de 70 % do peso são resinas, 29% do peso é carvão, e 1% são cinzas,
- Em termos de energia, cerca de 60% da energia da madeira provém de suas resinas, Os 40% restante provém de seu carvão,
- *Composição média da lenha seca em massa de trabalho:*

Carbono	48 a 55%
Oxigénio	40 a 45%
Hidrogénio	5 a 8%
Nitrogénio	1 a 2%
Cinzas	1 a 5%

Princípios de combustão da Biomassa

- Para o projecto usou-se para o cálculo a madeira de eucalipto com a seguinte composição química, em massa de trabalho:

carbono	48%
Oxigénio	25,2%
Hidrogénio	5,7 %
Nitrogénio	0,3 %
Humidade	20 %
Cinzas	0,8 %
Soma da composição	100 %

6, CÁLCULO TÉRMICO E PROJECTIVO DA FORNALHA

- **tipo de fornalha-*fornalha com grelha e de alimentação manual, pois é recomendada para a queima de carvão,***
- **Cálculo do Volumes de Ar e dos Produtos de Combustão-Considerando uma combustão completa ($\alpha = 1$) e desprezando as perdas devido a combustão química incompleta, tem-se:**

Volume teórico de ar (m^3/kg)	4,938
Volume real de ar (m^3/kg)	6,420
Volume teórico de nitrogénio (m^3/kg)	4,061
Volume dos gases triatómicos (m^3/kg)	0,896
Volume teórico do vapor da água (m^3/kg)	0,960
Volume real do Vapor da água (m^3/kg)	0,984
Volume de oxigénio (m^3/kg)	0,311
Volume dos gases biatómicos (m^3/kg)	5,543
Volume dos gases de combustão (m^3/kg)	7,73436

6, CÁLCULO TÉRMICO E PROJECTIVO DA FORNALHA

- **Cálculo da Entalpia dos gases de combustão**-Há duas formas de determiná-la:
1. Entalpia determinada a partir da razão do poder calorífico inferior pelo volume dos gases de combustão, cujo valor é de $2436,258 \text{kJ/m}^3$;
 2. entalpia somatória dos produtos de combustão, por meio de programa Macros do Excel, pela interpolação da temperatura,

entalpia dos gases triatómicos	I_{RO_2} (kJ/m ³)	366,515
entalpia do vapor de água	I_{H_2O} (kJ/m ³)	241,465
Entalpia dos gases biatómicos	I_{R_2} (kJ/m ³)	1747,509
Entalpia de oxigénio	I_{O_2} (kJ/m ³)	80,818
Soma das entalpias das fracções volúmicas (kJ/m ³)		2436,309

6, CÁLCULO TÉRMICO E PROJECTIVO DA FORNALHA

- **Balanço Térmico do Gerador de Vapor** - O balanço térmico estabelece a igualdade entre o calor disponível (Q_{disp}) e a soma do combustível e das suas perdas, e é composto para 1kg de combustível sólido,
- Para o balanço termico da fornalha consideram-se os seguintes tipos de calores:
 1. *Calor químico da combustão;*
 2. *Calor físico do ar e do combustível pré-aquecidos, assumido nulo, pois não há pre-aquecedor;*
 3. *Calor útil, assume-se igual a 80 W (288kJ/h), dado que a instalação é domestica (Electrolux);*
 4. *Perdas de calor, com gases de escape, calor da combustão química incompleta, Calor da combustão mecânica incompleta
Calor perdido com escória, Perdas de calor não contabilizadas,*

Tabela do Balanço energético do combustível

Tipo de calor	kJ/kg	kJ/h
Calor químico da combustão	18842,9	643,313
Calor físico do ar pré-aquecido	0	0
Calor físico do combustível pré-aquecido	0	0
Calor disponível Q_{disp}	18842,9	643,313
Calor útil Q_{util}	-	288
Calor perdido com gases de escape	7018,584	239,621
Calor da combustão química incompleta	939,106	32,062
Calor da combustão mecânica incompleta	565,287	19,299
Calor perdido com escória	0	0
Perdas de calor não contabilizadas Q_6	1884,29	64,331

Consumo de combustível e rendimento da

- O consumo de combustível é uma característica importante de funcionamento da fornalha,
- A quantidade de combustível consumido num determinado período de tempo, constitui um elemento de medida dos custos de funcionamento da instalação, indicando a sua viabilidade,
- O consumo específico do combustível revela a quantidade de calor consumido para aquecer 1 kg do líquido refrigerante até a temperatura desejada,
- Abaixo apresentam-se os valores consumo de combustível e rendimento da fornalha.

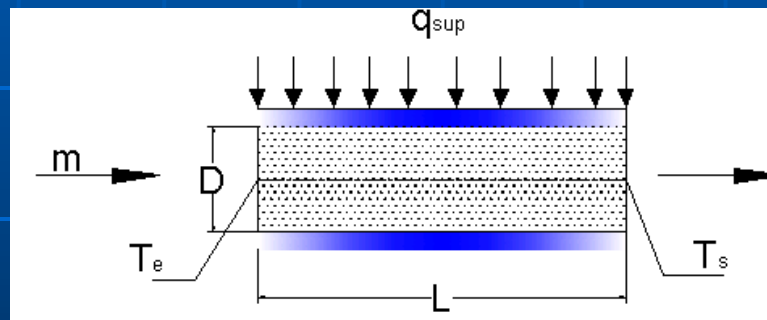
Consumo de combustível em kg/h	0,034
consumo específico de combustível em kg/h	0,021
rendimento térmico da fornalha (%)	44,768

Cálculo testador da fornalha

Volume activo da fornalha (V_f) em m^3	2,574
Largura da fornalha (assumida) em m	1,5
Área da fornalha em m^2	1,715
Espessura efectiva da camada irradiante S	6,175
Calor útil Q_{util} (kJ/kg)	8435,633
Temperatura assumida $^{\circ}C$	700
Entalpia dos gases à temperatura assumida (kJ/kg)	1251,161
Capacidade térmica média dos produtos de combustão	6,088
Temperatura real dos gases de combustão à saída da fornalha	718,7
Tensões térmicas específicas q_v (kW/m^3)	250

Comprimento do tubo bomba

- Este cálculo foi realizado com o intuito de conhecer o comprimento do tubo que será percorrido pela mistura refrigerante na zona da fornalha, até a sua vaporização, considerando o calor constante à superfície do tubo, como ilustra a figura abaixo, cujo seu valor é de cerca de 0,5m :



7, CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Com base nos objectivos previstos no presente trabalho, conclui-se que estes foram alcançados,
- É de extrema importância apoiar as tecnologias de refrigeração por absorção, pois estes constituem uma alternativa para os sistemas de compressão de vapor sendo que possuem como vantagem a utilização de energia térmica, que é menos nobre, substituindo uma parte da energia eléctrica necessária para obtenção do efeito desejado,
- A fornalha funcionará com grande variação da carga térmica, devido ao controle deficiente da necessidade de combustível, facto que prejudica o rendimento do ciclo, Os resultados definitivos da eficácia da instalação só podem ser obtidos mediante ensaios experimentais, com um protótipo, que conduzam à identificação dos regimes reais de funcionamento da mesma;

FIM

OBRIIGADO!