

UNESP
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

USO RACIONAL DA ENERGIA EM
IND. QUÍMICAS

Guaratinguetá
1993



UNESP UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Campus de Guaratinguetá

Faculdade de Engenharia

Dissertação de Mestrado

Título:

***Uso Racional da Energia
em Indústrias Químicas***

por Enilson Roberto de Toledo

Orientador:

Enilson Roberto de Toledo

26

00231

Trabalho apresentado à Comissão

de Avaliação da Faculdade de Engenharia

do Campus de Guaratinguetá - UNESP

para a obtenção do título de Mestre em Engenharia

em 10/10/2003

Outubro de 2003

1110000231



UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Campus de Guaratinguetá

Faculdade de Engenharia

Dissertação de Mestrado

Título:

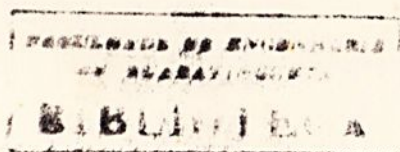
Uso Racional da Energia
em Indústrias Químicas

Autor: *Enilson Roberto de Toledo*

Orientador: *Luiz Roberto Carrocci*

00 231

231



Trabalho apresentado à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá - UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Outubro de 1993



UNESP UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Campus de Guaratinguetá

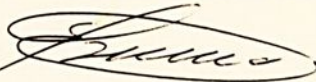
"USO RACIONAL DA ENERGIA EM INDÚSTRIAS QUÍMICAS"

ENILSON ROBERTO DE TOLEDO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA"

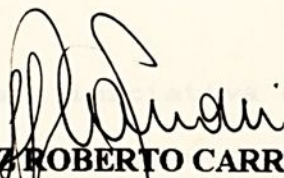
ESPECIALIDADE: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TRANSMISSÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



Prof. Dr. Carlos Daniel Ebinuma
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. LUIZ ROBERTO CARROCCI
Orientador



Prof. Dr. CARLOS DANIEL EBINUMA



Prof. Dr. GILBERTO MARQUES DA CRUZ

Novembro de 1993



AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade concedida de realizar este trabalho .

Ao Prof. Dr. Luiz Roberto Carrocci , por ter-me aceito como seu orientado e pela paciência e amizade dedicados nestes anos de desenvolvimento do trabalho .

À BASF , especialmente o Sr. Inácio Jorge Santiago de Lima , pelo apoio e incentivo para o desenvolvimento do trabalho .

Ao meu grande amigo Dino João da Silva , pela iniciativa de me estimular a desenvolver o trabalho e pela grande contribuição dada para que este pudesse se tornar realidade .

À minha esposa Eliane Ap. S. O. Toledo , por estar ao meu lado e contribuir positivamente para o meu empenho no desenvolvimento do trabalho .



DEDICATÓRIA

DEDICO ESTE TRABALHO À MINHA ESPOSA , MEUS PAIS ,
MEU IRMÃO , MINHA IRMÃ E A TODOS OS MEUS
COLEGAS DE TRABALHO E ESTUDO .



RESUMO

Atualmente , a questão energética tem sido alvo de grandes atenções por parte dos estudiosos de todo o mundo . Este acontecimento tem estimulado o desenvolvimento de constantes pesquisas , que visam buscar alternativas para melhorar o uso racional de energia em suas diversas formas de aplicação .

Neste sentido , o presente trabalho apresenta uma alternativa matemática para a avaliação do sistema de geração e distribuição de vapor de uma indústria química , dispondo-se dos balanços de massa , energia e concentração química do sistema .

The results obtained from the mathematical model are compared to
Os resultados obtidos do modelo matemático são comparados aos valores práticos com a finalidade de comprovar a eficiência da metodologia desenvolvida , a qual tem demonstrado uma boa aproximação .



ABSTRACT

Nowadays , the energetic question has been a subject of great attention for the researchers from all around the world . this event has stimulated constant researches developments that try to look for some alternatives , for a better knowledge of how to rationally use energy in its several way of application .

This work shows a mathematical model for a generating and distributing steam system for the chemical industry , by making the use of the mass , energy and chemical concentration balance of the system .

The results obtained from the mathematical model are compared to the practical values , to confirm the developed methodology efficiency , which has shown a good aproach .



SIMBOLOGIA

C	→ concentração de condutividade.....	$[\mu S/L]$
h	→ entalpia específica.....	$[L^2\theta^{-2}]$
m	→ massa.....	$[M]$
Q	→ calor perdido.....	$[ML^2\theta^{-2}]$
S	→ concentração de sílica.....	$[M/L^3]$

Parâmetros Dimensionais Genéricos

L	→ comprimento
M	→ massa
θ	→ tempo

Índices

ad	→ água desaerada do desaerador B-20
adi	→ água desaerada do desaerador B-50
ada	→ água desaerada da caldeira ASEA
adc1	→ água desaerada da caldeira CBC1
add	→ água desaerada da caldeira DEDINI
ao	→ aquecimento de óleo da caldeira DEDINI
ao1	→ aquecimento de óleo da caldeira CBC1
ao3	→ aquecimento de óleo da caldeira CBC3
at	→ atomização da caldeira DEDINI
at3	→ atomização da caldeira CBC3



ca → caldeira ASEA
 cd → condensado
 c1 → caldeira CBC1
 c3 → caldeira CBC3
 d → água desmineralizada do desaerador B-20
 d1 → água desmineralizada do desaerador B-50
 dz → água desmineralizada da caldeira CBC3
 isol → isolamento do desaerador B-20
 isol1 → isolamento do desaerador B-50
 pa → purga da caldeira ASEA
 pc1 → purga da caldeira CBC1
 pc3 → purga da caldeira CBC3
 pd → purga da caldeira DEDINI
 r → respiro do desaerador B-20
 r1 → respiro do desaerador B-50
 vaf → vapor da caldeira ASEA para a fábrica
 vc1 → vapor produzido pela caldeira CBC1
 vc1f → vapor da caldeira CBC1 para a fábrica
 vc3 → vapor produzido pela caldeira CBC3
 vc3f → vapor da caldeira CBC3 para a fábrica
 vd → vapor produzido pela caldeira DEDINI
 vdf → vapor da caldeira DEDINI para a fábrica
 vdm → vapor da caldeira DEDINI medido
 vp → vapor para desaerador B-20
 vp1 → vapor para desaerador B-50



Variáveis Independentes (cálculos)

a	;	a1	;	a2	;	a3	;	a4	;	a5	;	a6	
b	;	b1	;	b2	;	b3	;	b4	;	b5	;	b6	
c	;	c1	;	c2	;	c3	;	c4	;	c5			
x													
y	;	y1	;	y9									
z	;	z1	;	z9									

1	Introdução	1
1.1	Introdução	1
1.2	Descrição do Sistema Global	2
2	Modelagem Térmica	8
2.1	Sistema Condensador D-20	8
2.2	Sistema Gerador de Vapor D-20	11
2.3	Sistema Gerador de Vapor AS-4	13
2.4	Condensador D-20 e AS-4	15
2.5	Sistema Gerador de Vapor C-20	18
2.6	Sistema Condensador D-20	19
2.7	Sistema Gerador de Vapor C-20	20
3	Modelagem Energética e Econômica	22
3.1	Introdução	22
3.2	Modelagem das Curvas Características	23
3.3	Modelagem Energética	23
3.4	Modelagem Econômica	25



ÍNDICE

- RESUMO		iii
- ABSTRACT		iv
- SIMBOLOGIA		v

Capítulo	Descrição	Página
1	Prefácio.....	1
1.1	Introdução.....	1
1.2	Descrição do Sistema Global.....	3
2	Modelagem Teórica.....	8
2.1	Sistema Desaerador B-20.....	8
2.2	Sistema Gerador de Vapor DEDINI.....	11
2.3	Sistema Gerador de Vapor ASEA.....	13
2.4	Conjunto DEDINI e ASEA.....	15
2.5	Sistema Gerador de Vapor CBC3.....	16
2.6	Sistema Desaerador B-50.....	17
2.7	Sistema Gerador de Vapor CBC1.....	20
3	Modelamento Energético e Econômico.....	22
3.1	Introdução.....	22
3.2	Modelamento das Curvas Características.....	22
3.3	Modelamento Energético.....	23
3.4	Modelamento Econômico.....	25



4	Resultados.....	26
4.1	Condições Utilizadas para o Balanço de Massa das Caldeiras..	26
4.2	Tabela de Resultados.....	27
4.3	Discussão sobre os Resultados.....	29
4.4	Exemplo de Utilização dos Gráficos.....	29
4.5	Tabela de Resultados.....	33
4.6	Discussão sobre os Resultados.....	33
5	Conclusões.....	36
	Referências Bibliográficas.....	38

Apêndices :

A	Programa de Entrada de Dados e Apresentação.....	39
B	Programa de Cálculos.....	42
C	Programa de Menu de Relatórios.....	44
D	Programa de Simulação.....	45
E	Programa de Relatório de Apresentação Desmi.....	47
F	Relatórios do Balanço de Massa das Caldeiras.....	49

CAPITULO 1

PREFACIO

1.1 INTRODUÇÃO

A questão da energia coloca-se no mundo moderno a partir da primeira Revolução Industrial, mas agrava-se com o espantoso desenvolvimento econômico e industrial, ocorrido na segunda metade do século XX. O uso dos recursos energéticos, então, se torna mais intenso e diversificado, com a utilização praticamente de todos os países, sob o impulso da eletricidade. A eletricidade, a seguir, a energia atômica são convocados para fazer frente a uma demanda sem precedentes [1].

CAPITULO 1

Este crescimento do consumo de energia tem mobilizado o mundo para uma avaliação de suas reservas e, principalmente, de como esta energia está sendo utilizada. Países como o Japão saltaram para um avanço de economia de energia, pois praticamente a compra é por um preço muito elevado. Por este motivo, buscou desenvolver equipamentos mais eficientes e hoje é um modelo de uso racional de energia.

O uso racional da energia tem sido tema de muitos estudos por todo o mundo, que tem levado seus olhos para a procura de alternativas que venham a evitar um colapso energético em alguns anos [2,3]. Portanto, este tema é o que nos motivou a desenvolver este trabalho, que tem por finalidade estimular uma forma prática de avaliação de uma instalação industrial, tendo em vista oferecer uma ferramenta que auxilie a busca de um melhor uso da energia dentro da indústria.

CAPÍTULO 1

PREFÁCIO

1.1 INTRODUÇÃO

A questão da energia coloca-se no mundo moderno a partir da primeira Revolução Industrial , mas agrava-se com o espantoso desenvolvimento econômico e industrial , ocorrido na segunda metade do século XX . O uso dos recursos energéticos , então , se torna mais intenso e diversificado , com a extensão a praticamente todos os países , dos novos ideais de prosperidade . A eletricidade , o petróleo e , a seguir , a energia atômica são crescentemente convocados para fazer frente a uma demanda sem precedentes [1] .

Este crescimento do consumo de energia tem mobilizado o mundo para uma avaliação de suas reservas e , principalmente , de como esta energia está sendo utilizada . Países como o Japão saltaram para um avanço de economia de energia , pois praticamente as compra e por um preço muito elevado . Por este motivo , buscou desenvolver equipamentos mais eficientes e hoje é um modelo de uso racional de energia .

O uso racional da energia tem sido tema de muitos estudos por todo o mundo , que tem voltado seus olhos para a procura de alternativas que venham a evitar um colapso energético daqui a alguns anos [2,5]. Portanto , este tema é o que nos motivou a desenvolver este trabalho , que tem por finalidade estimular uma forma prática de avaliação de uma instalação industrial , tendo em vista oferecer uma ferramenta que auxilie na busca de um melhor uso da energia dentro da indústria .



Tendo em vista que se trata de um trabalho com um fim prático de aplicação imediata , não se faz nenhuma referência a trabalhos de desenvolvimento de equações puramente teóricas , procurando-se o desenvolvimento mais direto dos modelos matemáticos .

Partindo-se da necessidade de conhecer com relativa precisão o balanço de massa do sistema de geração e distribuição de vapor do complexo industrial da BASF Brasileira S.A. , localizada em Guaratinguetá - SP , buscou-se desenvolver um modelo matemático que representasse , o mais realisticamente possível , os balanços de massa , energia e concentração do sistema .

Para que isto fosse possível , dividiu-se o sistema global em sistemas unitários , formados por um único equipamento ou um conjunto destes . Com isto , a análise dos fenômenos tornou-se mais simplificada , o que permitiu posteriormente a obtenção da análise global [3] .

Basicamente procurou-se determinar o comportamento do sistema pelo cálculo das massas de vapor e condensado , utilizados internamente na geração e distribuição de vapor até os pontos consumidores . Através do conhecimento de alguns valores de entrada e saída do sistema unitário , elaborou-se o modelo matemático para o cálculo dos valores desejados do sistema .

Através de análise por sistemas unitários , pode-se estudar com mais detalhes os fenômenos que ocorrem em cada sistema de forma particular , desta forma fazendo uma pré-avaliação do sistema global . Outro aspecto importante do trabalho , trata-se da análise da relação de massa entre vapor-água desmineralizada e condensado-água desmineralizada no



sistema desaerador B-20 , o que permite avaliar economicamente sua eficiência .

Este trabalho faz ainda uma avaliação energética-econômica de cada sistema gerador de vapor , bem como do conjunto com a utilização de inúmeras possibilidades de combinações dos sistemas [8]. Isto é feito através da adimensionalização dos parâmetros desejados e da colocação destes em um único gráfico , de forma a permitir a visualização combinada dos sistemas .

Neste trabalho , como etapa inicial de um trabalho de pesquisa , não foram abordadas as análises das eficiências energéticas e exergéticas [4] dos sistemas , portanto ficando estes tópicos para um trabalho futuro .

1.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA GLOBAL

O sistema global é mostrado esquematicamente na FIG.1 . A água industrial (clarificada) , após passar pela estação de água desmineralizada , é distribuída para os sistemas geradores de vapor e outros consumidores , sendo todos estes valores de vazão conhecidos por medição .

O sistema gerador de vapor é dividido em três , sendo que dois se utilizam de desaeradores e um diretamente de água desmineralizada .



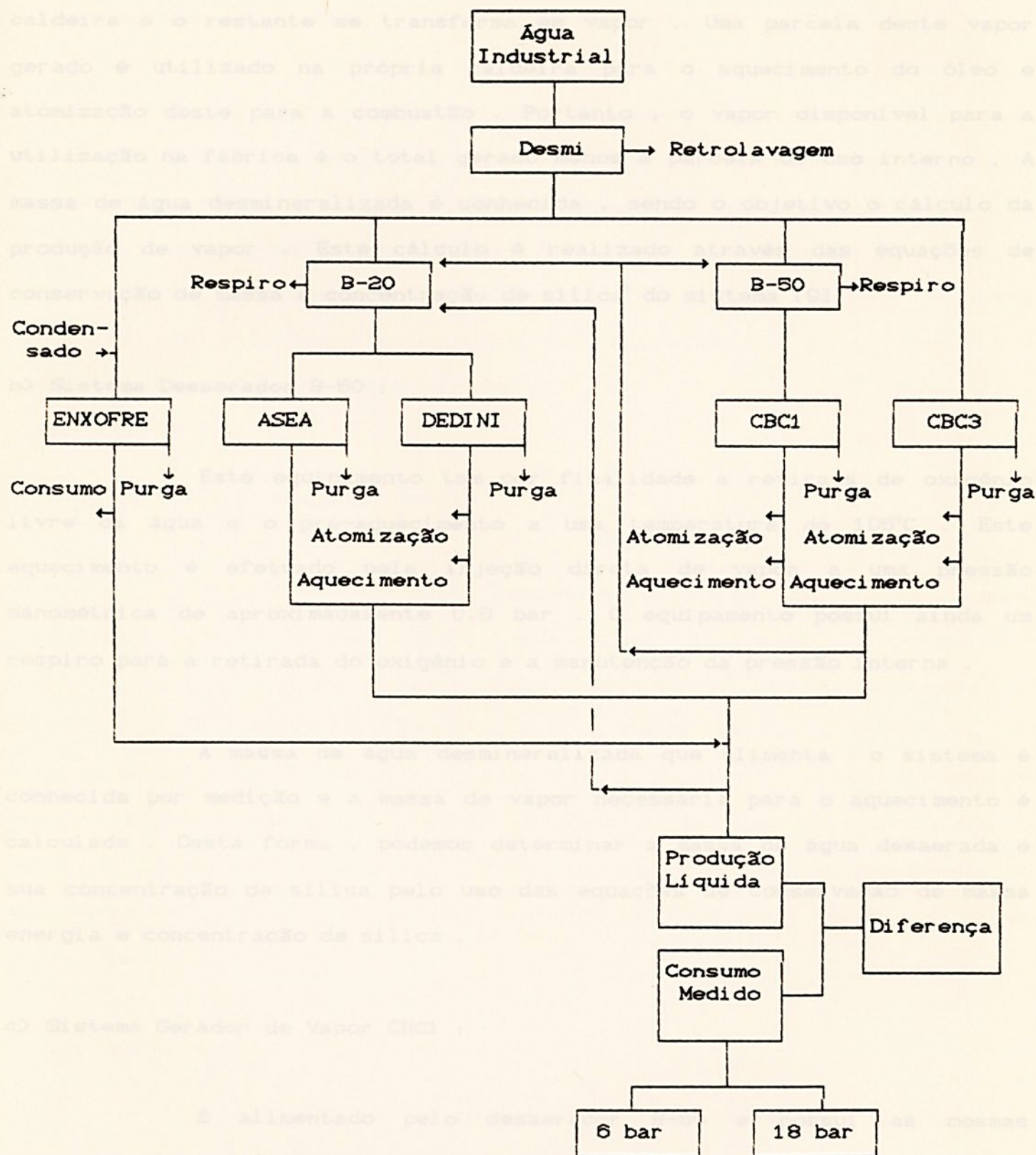


FIGURA 1 - ESQUEMA DO SISTEMA GLOBAL

a) Sistema Gerador de Vapor CBC3 :

É o sistema mais simples, onde a água desmineralizada entra na caldeira e, a partir deste ponto, uma parcela é descartada pela purga da

caldeira e o restante se transforma em vapor . Uma parcela deste vapor gerado é utilizado na própria caldeira para o aquecimento do óleo e atomização deste para a combustão . Portanto , o vapor disponível para a utilização na fábrica é o total gerado menos a parcela de uso interno . A massa de água desmineralizada é conhecida , sendo o objetivo o cálculo da produção de vapor . Este cálculo é realizado através das equações de conservação de massa e concentração de sílica¹ do sistema [9].

b) Sistema Desaerador B-50 :

Este equipamento tem por finalidade a retirada de oxigênio livre da água e o pré-aquecimento a uma temperatura de 105°C . Este aquecimento é efetuado pela injeção direta de vapor a uma pressão manométrica de aproximadamente 0,5 bar . O equipamento possui ainda um respiro para a retirada do oxigênio e a manutenção da pressão interna .

A massa de água desmineralizada que alimenta o sistema é conhecida por medição e a massa de vapor necessária para o aquecimento é calculada . Desta forma , podemos determinar a massa de água desaerada e sua concentração de sílica pelo uso das equações de conservação de massa energia e concentração de sílica .

c) Sistema Gerador de Vapor CBC1 :

É alimentado pelo desaerador B-50 e possui as mesmas características do sistema gerador de vapor CBC3 .

NOTA:

1) O valor da concentração de sílica foi determinado através de um kit de medição da firma E. Merck Darmstadt Germany, modelo Aquaquant 14439.



d) Sistema Desaerador B-20

Com as mesmas características e objetivo do sistema desaerador B-50, este sistema tem como particularidade o retorno de condensado. Como o único parâmetro conhecido é a entrada de água desmineralizada, neste caso tem-se três incógnitas: massas de vapor de aquecimento, condensado e água desaerada. Para o cálculo destas incógnitas são utilizadas as equações de conservação de massa, energia e concentrações de sílica e condutividade².

e) Sistema Gerador de Vapor DEDINI

É alimentado pelo desaerador B-20 e possui as mesmas características do sistema CBC3. Como particularidade, este sistema possui a medição da massa de vapor logo após a saída para a atomização. A massa de água desaerada não é medida, sendo então a incógnita do equacionamento. Neste caso, utilizam-se as equações de conservação de massa e concentração de sílica. O balanço de energia do sistema não é efetuado, pois não se trata aqui de determinar a eficiência energética do equipamento, e sim o seu comportamento em relação à massa de vapor produzida.

f) Sistema Gerador de Vapor ASEA

Por ser uma caldeira elétrica, torna-se um sistema relativamente simples, pois todo vapor gerado está disponível ao usuário,

NOTA:

2) O valor da concentração de condutividade foi determinado por medição utilizando um aparelho analisador de condutividade da firma Smar, modelo Transmissor CT-201.



sendo apenas descontado do balanço de massa a purga . Da mesma forma que no sistema anterior , a água de alimentação é proveniente do desaerador B-20 e não possui medição , portanto sendo esta a incógnita do sistema , uma vez que a massa de vapor gerada é conhecida por medição . Neste sistema utilizam-se as equações de conservação de massa e concentração de condutividade . Como anteriormente mencionado , não se trata aqui de determinar a eficiência energética do equipamento.

g) Sistema Gerador de Vapor ENXOFRE

É um sistema particular , pois trata-se de uma caldeira de recuperação pela queima de enxofre e não é objeto de avaliação neste trabalho. Porém o vapor gerado neste sistema tem uma aplicação no conjunto, durante a distribuição ao usuário, contribuindo para a formação do condensado que retorna ao sistema B-20.

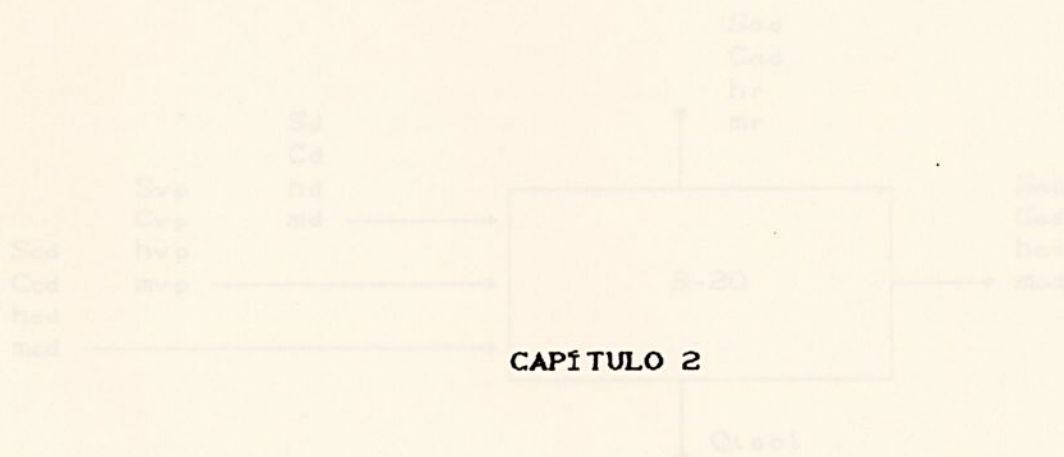


CAPÍTULO 3

MODELAGEM TEÓRICA

3.1 SISTEMA DESAERADOR B-20

3.1.1 Esquema



3.1.2 Balanço de Massa

$$m_a + m_{v,p} + m_{a,e} = m_{a,s} + m_{v,s}$$

Considerando que a massa de vapor é proporcional à massa de água des aerada, podemos expressar:

$$m_v = x \cdot m_a$$

onde x é o valor de proporcionalidade neste trabalho, $x = 0,0015$ ou $1,5 \text{ kg/kg}$.

Substituindo, temos:

$$m_a + x \cdot m_a + m_{a,e} = m_{a,s} + x \cdot m_{a,s}$$

$$m_a + m_{a,e} = m_{a,s} (1 - x)$$

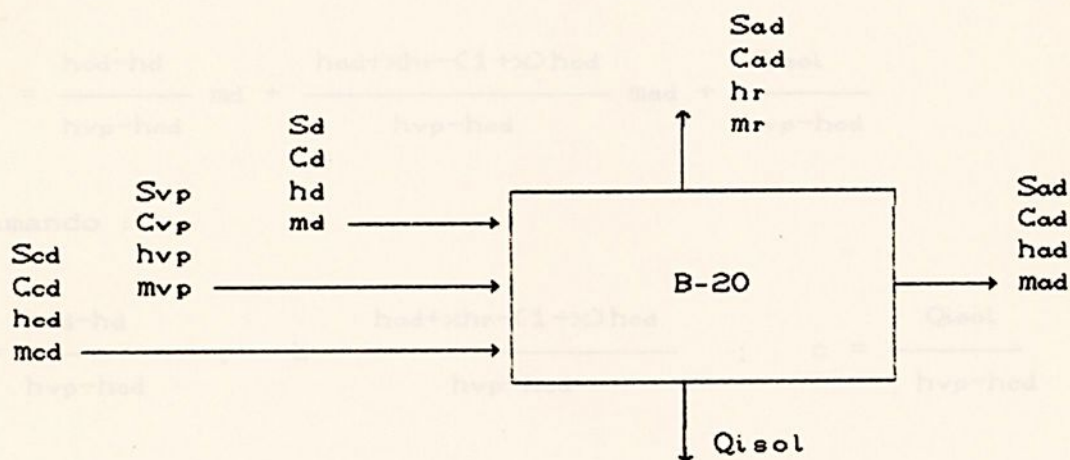
$$m_{a,e} = m_{a,s} (1 - x) - m_a - m_{v,p}$$

CAPÍTULO 2

MODELAGEM TEÓRICA

2.1 SISTEMA DESAERADOR B-20

2.1.1 Esquema



2.1.2 Balanço de Massa

$$md + mvp + mcd = mad + mr$$

Considerando que a massa de respiro é proporcional à massa de água desaerada, podemos expressar:

$$mr = x \cdot mad$$

onde x é o valor da proporção (neste trabalho, $x = 0,0015$ ou $1,5 \text{ kg/t}$)

Substituindo, temos:

$$md + mvp + mcd = mad + x \cdot mad$$

$$md + mvp + mcd = (1+x)mad$$

$$mcd = (1+x)mad - md - mvp$$

(1)

2.1.3 Balanço de Energia

$$md.hd + mvp.hvp + mcd.hcd = mad.had + mr.hr + Q_{isol}$$

$$md.hd + mvp.hvp + mcd.hcd = mad.had + x.mad.hr + Q_{isol}$$

$$md.hd + mvp.hvp + mcd.hcd = mad(had + x.hr) + Q_{isol}$$

Utilizando a equação (1) , temos :

$$md.hd + mvp.hvp + [(1+x)mad - md - mvp]hcd = mad(had + x.hr) + Q_{isol}$$

Desmembrando e reorganizando os termos comuns , fica :

$$md(hd-hcd) + mvp(hvp-hcd) = mad[had+x.hr-(1+x)hcd] + Q_{isol}$$

$$mvp = \frac{hcd-hd}{hvp-hcd} md + \frac{had+x.hr-(1+x)hcd}{hvp-hcd} mad + \frac{Q_{isol}}{hvp-hcd}$$

Chamando :

$$a = \frac{hcd-hd}{hvp-hcd} ; \quad b = \frac{had+x.hr-(1+x)hcd}{hvp-hcd} ; \quad c = \frac{Q_{isol}}{hvp-hcd}$$

temos :

$$mvp = a.md + b.mad + c$$

(2)

Substituindo (2) em (1) , fica :

$$mcd = (1+x)mad - md - a.md - b.mad - c$$

Portanto ,

$$mcd = (1+x-b)mad - (1+a)md - c$$

(3)

2.1.4 Balanço de Concentração de Sílica

$$md.Sd + mvp.Svp + mcd.Scd = mad.Sad + mr.Sad$$

$$md.Sd + mvp.Svp + mcd.Scd = mad.Sad + x.mad.Sad$$

$$S_{ad}.mad(1+x) = md.S_d + [(1+x-b)mad-(1+a)md-c]S_{od} + (a.md+b.mad+c)S_{vp}$$

$$S_{ad}.mad(1+x) = md.S_d + (1+x-b)S_{od}.mad - (1+a)S_{od}.md - c.S_{od} +$$

$$+ a.S_{vp}.md + b.S_{vp}.mad + c.S_{vp}$$

$$S_{ad}.mad(1+x) = [S_d-(1+a)S_{od}+a.S_{vp}]md + [(1+x-b)S_{od}+b.S_{vp}]mad + (S_{vp}-S_{od})c$$

$$S_{ad} = \frac{[S_d-(1+a)S_{od}+a.S_{vp}]md + [(1+x-b)S_{od}+b.S_{vp}]mad + (S_{vp}-S_{od})c}{(1+x)mad}$$

Chamando :

$$a_1 = [S_d-(1+a)S_{od}+a.S_{vp}]/(1+x)$$

$$b_1 = [(1+x-b)S_{od}+b.S_{vp}]/(1+x)$$

$$c_1 = (S_{vp}-S_{od})c/(1+x)$$

Temos :

$$S_{ad} = \frac{a_1.md + b_1.mad + c_1}{mad}$$

(4)

2.1.5 Balanço de Concentração de Condutividade

Portanto ,

Desenvolvendo de forma similar ao balanço de sílica , temos :

$$a_2 = [C_d-(1+a)C_{od}+a.C_{vp}]/(1+x)$$

$$b_2 = [(1+x-b)C_{od}+b.C_{vp}]/(1+x)$$

$$c_2 = (C_{vp}-C_{od})c/(1+x)$$

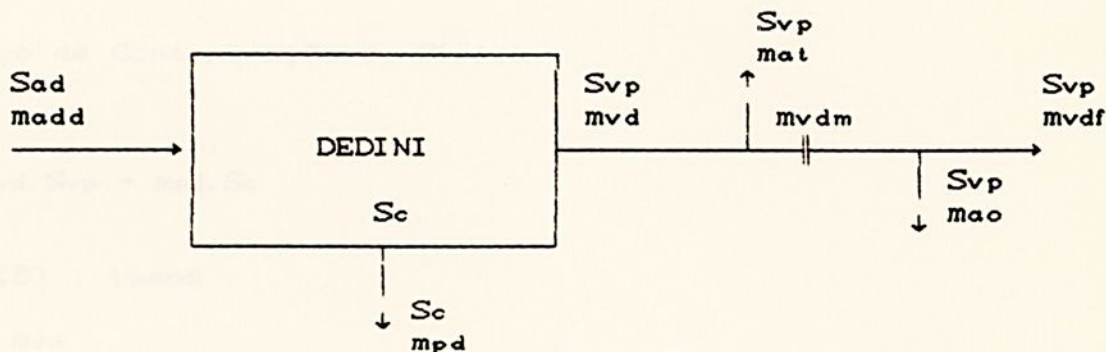
Portanto ,

$$C_{ad} = \frac{a_2.md + b_2.mad + c_2}{mad}$$

(5)

2.2 SISTEMA GERADOR DE VAPOR DEDINI

2.2.1 Esquema



2.2.2 Balanço de Massa

Para que possamos reduzir o número de incógnitas do sistema até porque existe uma determinada relação entre os valores , abaixo fazemos as seguintes considerações :

$$\begin{aligned} \text{mat} &= y \cdot \text{mvd} \quad (y = 0,0111 \text{ ou } 1,11 \% - \text{ apostila SENAI de Operadores de Caldeiras }) \\ \text{mao} &= z \cdot \text{mvd} \quad (z = 0,0050 \text{ ou } 0,50 \% - \text{ calculado para o aquecedor de óleo }) \end{aligned}$$

Portanto ,

$$\text{mvd} = \text{mvdm} + \text{mat}$$

$$\text{mvd} = \text{mvdm} + y \cdot \text{mvd}$$

$$(1-y)\text{mvd} = \text{mvdm}$$

$$\text{mvd} = \frac{\text{mvdm}}{(1-y)}$$

$$\text{mvdf} = \text{mvdm} - \text{mao}$$

$$\text{mvdf} = \text{mvdm} - z \cdot \text{mvd}$$

$$\text{mvdf} = \text{mvdm} - \frac{z \cdot \text{mvdm}}{(1-y)}$$

$$m_{vdf} = \left[1 - \frac{z}{(1-y)} \right] m_{vdm}$$

$$m_{add} = m_{vd} + m_{pd}$$

(6)

2.2.3 Balanço de Concentração de Silica

$$m_{add}.S_{ad} = m_{vd}.S_{vp} + m_{pd}.S_c$$

Da equação (6) , temos :

$$m_{pd} = m_{add} - m_{vd}$$

Portanto ,

$$m_{add}.S_{ad} = m_{vd}.S_{vp} + (m_{add}-m_{vd}).S_c$$

$$m_{add}.S_{ad} = (S_{vp}-S_c)m_{vd} + m_{add}.S_c$$

Como m_{vd} é conhecido , substituindo fica ,

$$(S_{ad}-S_c)m_{add} = \frac{(S_{vp}-S_c)}{(1-y)} m_{vdm}$$

Portanto ,

$$m_{add} = \frac{(S_{vp}-S_c)}{(1-y)(S_{ad}-S_c)} m_{vdm}$$

Introduzindo a equação (4) , temos :

$$m_{add} = \frac{(S_{vp}-S_c)}{(1-y) \left[\frac{a_1.m_d + b_1.m_{ad} + c_1}{m_{ad}} - S_c \right]} m_{vdm}$$

$$m_{add} = \frac{(S_{vp}-S_c)}{(1-y) \left[\frac{a_1.m_d + b_1.m_{ad} + c_1 - m_{ad}.S_c}{m_{ad}} \right]} m_{vdm}$$

$$m_{add} = \frac{m_{vdm}}{\frac{(1-y)}{(S_{vp}-S_c)} \left[\frac{a_1 \cdot m_d + b_1 \cdot m_{ad} + c_1 - m_{ad} \cdot S_c}{m_{ad}} \right]}$$

Chamando :

$$a_3 = (1-y) \cdot a_1 / (S_{vp}-S_c)$$

$$b_3 = (1-y) \cdot (b_1 - S_c) / (S_{vp}-S_c)$$

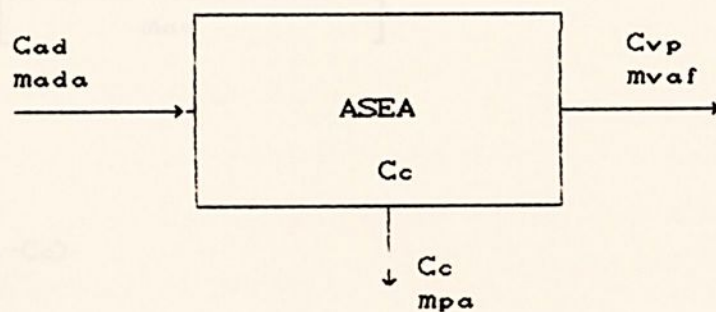
$$c_3 = (1-y) \cdot c_1 / (S_{vp}-S_c)$$

$$m_{add} = \frac{m_{vdm}}{\frac{a_3 \cdot m_d + b_3 \cdot m_{ad} + c_3}{m_{ad}}}$$

(7)

2.3 SISTEMA GERADOR DE VAPOR ASEA

2.2.1 Esquema



2.2.2 Balanço de Massa

$$m_{ada} = m_{vaf} + m_{pa}$$

(8)

2.2.2 Balanço de Concentração de Condutividade

$$m_{da}.C_{ad} = m_{va}.C_{vp} + m_{pa}.C_c$$

Da equação (8) , temos :

$$m_{pa} = m_{da} - m_{va}$$

Portanto ,

$$m_{da}.C_{ad} = m_{va}.C_{vp} + (m_{da}-m_{va})C_c$$

$$(C_{ad}-C_c)m_{da} = (C_{vp}-C_c)m_{va}$$

$$m_{da} = \frac{(C_{vp}-C_c)}{(C_{ad}-C_c)} m_{va}$$

Introduzindo a equação (5) , temos :

$$m_{da} = \frac{(C_{vp}-C_c)}{\frac{a_2.m_d+b_2.m_{ad}+c_2}{m_{ad}} - C_c} m_{va}$$

$$m_{da} = \frac{(C_{vp}-C_c)}{\frac{a_2.m_d+b_2.m_{ad}+c_2-C_c.m_{ad}}{m_{ad}}} m_{va}$$

$$m_{da} = \frac{m_{va}}{\frac{1}{(C_{vp}-C_c)} \left[\frac{a_2.m_d+(b_2-C_c)m_{ad}+c_2}{m_{ad}} \right]}$$

Chamando :

$$a_4 = a_2/(C_{vp}-C_c)$$

$$b_4 = (b_2-C_c)/(C_{vp}-C_c)$$

$$c_4 = c_2/(C_{vp}-C_c)$$

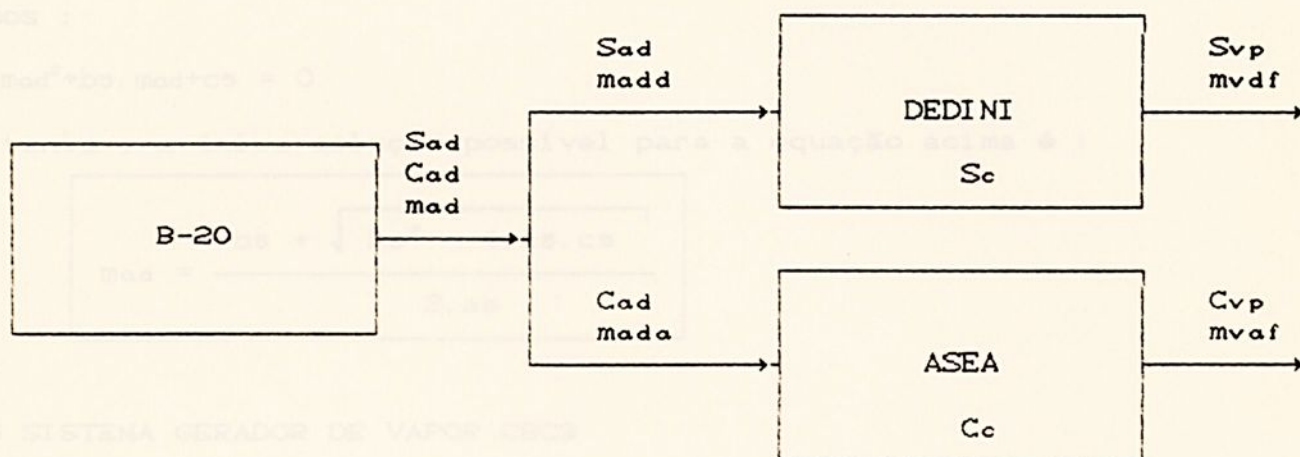
Portanto ,

$$m_{da} = \frac{m_{va}}{\frac{a_4.m_d+b_4.m_{ad}+c_4}{m_{ad}}}$$

(9)

2.4 CONJUNTO DEDINI E ASEA

2.4.1 Esquema



2.4.2 Balanço de Massa do Conjunto

$$mad = madd + mada$$

$$mad = \frac{m_{vdm}}{a_3 \cdot md + b_3 \cdot mad + c_3} + \frac{m_{vaf}}{a_4 \cdot md + b_4 \cdot mad + c_4}$$

Cancelando-se os "mad's" e tirando-se o denominador comum, temos:

$$\frac{m_{vdm}(a_4 \cdot md + b_4 \cdot mad + c_4) + m_{vaf}(a_3 \cdot md + b_3 \cdot mad + c_3)}{(a_3 \cdot md + b_3 \cdot mad + c_3)(a_4 \cdot md + b_4 \cdot mad + c_4)} = 1$$

$$a_4 \cdot m_{vdm} \cdot md + b_4 \cdot m_{vdm} \cdot mad + c_4 m_{vdm} + a_3 \cdot m_{vaf} \cdot md + b_3 \cdot m_{vaf} \cdot mad + c_3 \cdot m_{vaf} =$$

$$= (a_3 \cdot a_4) md^2 + (a_3 \cdot b_4 \cdot md + a_3 \cdot c_4) md + (a_4 \cdot b_3 \cdot md + b_3 \cdot b_4) mad^2 + (b_3 \cdot c_4) mad + (a_4 \cdot c_3) md + (b_4 \cdot c_3) mad + c_3 \cdot c_4$$

$$(a_4 \cdot m_{vdm} + a_3 \cdot m_{vaf}) md + (b_4 \cdot m_{vdm} + b_3 \cdot m_{vaf}) mad + c_4 \cdot m_{vdm} + c_3 \cdot m_{vaf} =$$

$$= (b_3 \cdot b_4) mad^2 + (a_3 \cdot b_4 \cdot md + a_4 \cdot b_3 \cdot md + b_3 \cdot c_4 + b_4 \cdot c_3) mad + (a_3 \cdot a_4) md^2 +$$

$$+ (a_3 \cdot c_4 + a_4 \cdot c_3) md + c_3 \cdot c_4$$

$$(b_3 \cdot b_4) mad^2 + [(a_3 \cdot b_4 + a_4 \cdot b_3) md + b_3 \cdot c_4 + b_4 \cdot c_3 - b_4 \cdot m_{vdm} - b_3 \cdot m_{vaf}] mad +$$

$$+ (a_3 \cdot a_4) md^2 + (a_3 \cdot c_4 + a_4 \cdot c_3 - a_4 \cdot m_{vdm} - a_3 \cdot m_{vaf}) md + c_3 \cdot c_4 - c_4 m_{vdm} - c_3 \cdot m_{vaf} = 0$$

Chamando :

$$a_5 = b_3 \cdot b_4$$

$$b_5 = (a_3 \cdot b_4 + a_4 \cdot b_3)md + b_3 \cdot c_4 + b_4 \cdot c_3 - b_4 \cdot mvd_m - b_3 \cdot mvaf$$

$$c_5 = (a_3 \cdot a_4)md^2 + (a_3 \cdot c_4 + a_4 \cdot c_3 - a_4 \cdot mvd_m - a_3 \cdot mvaf)md + c_3 \cdot c_4 - c_4 \cdot mvd_m - c_3 \cdot mvaf$$

Temos :

$$a_5 \cdot md^2 + b_5 \cdot md + c_5 = 0$$

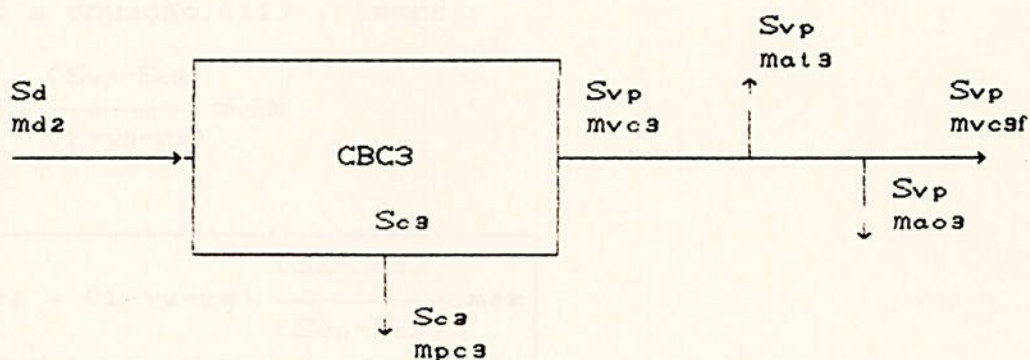
Portanto , a única solução possível para a equação acima é :

$$md = \frac{-b_5 + \sqrt{b_5^2 - 4 \cdot a_5 \cdot c_5}}{2 \cdot a_5}$$

(10)

2.5 SISTEMA GERADOR DE VAPOR CBC3

2.5.1 Esquema



2.5.3 Balanço de Massa

Para que possamos reduzir o número de incógnitas do sistema até porque existe uma determinada relação entre os valores , abaixo fazemos as seguintes considerações :

$$mat_3 = y_3 \cdot mvc_3 \quad (y_3 = 0,0111 \text{ ou } 1,11 \% - \text{apostila SENAI para Operadores de Caldeiras})$$

$$maos_3 = z_3 \cdot mvc_3 \quad (z_3 = 0,0050 \text{ ou } 0,50 \% - \text{calculado para o aquecedor de óleo})$$

Portanto ,

$$mvc_3 = mat_3 + maos_3 + mvc_3f$$

$$mvca = ya.mvca + za.mvca + mvcaf$$

$$(1-ya-za)mvca = mvcaf$$

$$mvca = \frac{mvcaf}{(1-ya-za)} \quad (11)$$

$$mdz = mvca + mpcz \quad (12)$$

2.5.3 Balanço de Concentração de Sílica

$$mdz.Sd = mvca.Svp + mpcz.Sca$$

Da equação (12) , temos :

$$mpcz = mdz - mvca$$

Portanto ,

$$mdz.Sd = mvca.Svp + (mdz-mvca)Sca$$

$$(Sd-Sca)mdz = (Svp-Sca)mvca$$

Introduzindo a equação (11) , temos :

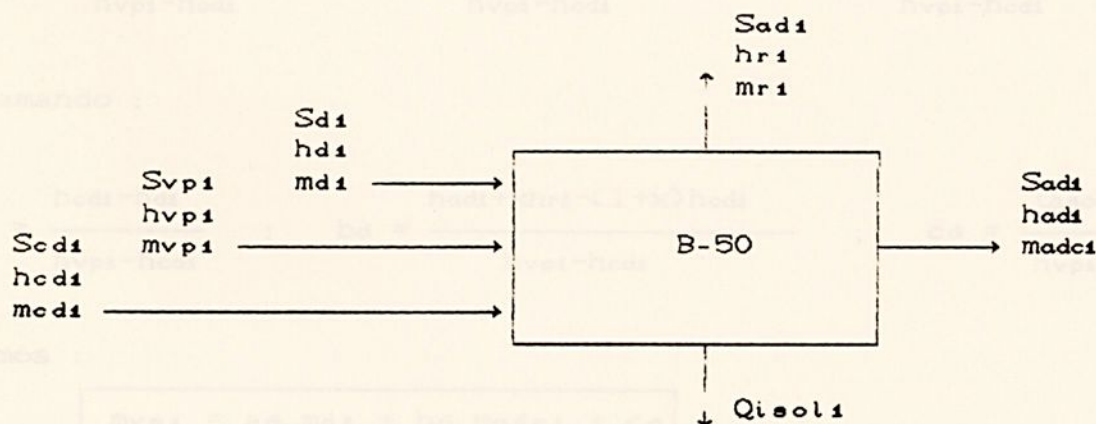
$$(Sd-Sca)mdz = \frac{(Svp-Sca)}{(1-ya-za)} mvcaf$$

Portanto ,

$$mvcaf = (1-ya-za) \frac{(Sd-Sca)}{(Svp-Sca)} mdz \quad (13)$$

2.6 SISTEMA DESAERADOR B-50

2.6.1 Esquema



2.6.2 Balanço de Massa

$$m_{d1} + m_{vp1} + m_{cd1} = m_{ad1} + m_{r1}$$

Considerando que a massa de respiro é proporcional à massa de água desaerada, podemos expressar :

$$m_{r1} = X \cdot m_{ad1}$$

onde x é o valor da proporção (neste trabalho , $x = 0,0015$ ou $1,5 \text{ kg/t}$)

Substituindo , temos :

$$m_{d1} + m_{vp1} + m_{cd1} = m_{ad1} + X \cdot m_{ad1}$$

$$m_{d1} + m_{vp1} + m_{cd1} = (1+X)m_{ad1}$$

$$m_{cd1} = (1+X)m_{ad1} - m_{d1} - m_{vp1} \quad (14)$$

2.1.3 Balanço de Energia

$$m_{d1} \cdot h_{d1} + m_{vp1} \cdot h_{vp1} + m_{cd1} \cdot h_{cd1} = m_{ad1} \cdot h_{ad1} + m_{r1} \cdot h_{r1} + Q_{isol1}$$

$$m_{d1} \cdot h_{d1} + m_{vp1} \cdot h_{vp1} + m_{cd1} \cdot h_{cd1} = m_{ad1} \cdot h_{ad1} + X \cdot m_{ad1} \cdot h_{r1} + Q_{isol1}$$

$$m_{d1} \cdot h_{d1} + m_{vp1} \cdot h_{vp1} + m_{cd1} \cdot h_{cd1} = m_{ad1}(h_{ad1} + X \cdot h_{r1}) + Q_{isol1}$$

Utilizando a equação (14) , temos :

$$m_{d1} \cdot h_{d1} + m_{vp1} \cdot h_{vp1} + [(1+X)m_{ad1} - m_{d1} - m_{vp1}]h_{cd1} = m_{ad1}(h_{ad1} + X \cdot h_{r1}) + Q_{isol1}$$

Desmembrando e rearranjando os termos comuns , fica :

$$m_{d1}(h_{d1} - h_{cd1}) + m_{vp1}(h_{vp1} - h_{cd1}) = m_{ad1}[h_{ad1} + X \cdot h_{r1} - (1+X)h_{cd1}] + Q_{isol1}$$

$$m_{vp1} = \frac{h_{cd1} - h_{d1}}{h_{vp1} - h_{cd1}} m_{d1} + \frac{h_{ad1} + X h_{r1} - (1+X)h_{cd1}}{h_{vp1} - h_{cd1}} m_{ad1} + \frac{Q_{isol1}}{h_{vp1} - h_{cd1}}$$

Chamando :

$$a\phi = \frac{h_{cd1} - h_{d1}}{h_{vp1} - h_{cd1}} ; \quad b\phi = \frac{h_{ad1} + X h_{r1} - (1+X)h_{cd1}}{h_{vp1} - h_{cd1}} ; \quad c\phi = \frac{Q_{isol1}}{h_{vp1} - h_{cd1}}$$

temos :

$$m_{vp1} = a\phi \cdot m_{d1} + b\phi \cdot m_{ad1} + c\phi$$

(15)

Substituindo (15) em (14) , fica :

$$md_1 = (1+x)madc_1 - md_1 - a_6.md_1 - b_6.madc_1 - c_6$$

Portanto ,

$$mdc_1 = (1+x-b_6)madc_1 - (1+a_6)md_1 - c_6 \quad (16)$$

2.6.4 Balanço de Concentração de Sílica

$$md_1.Sd_1 + mv_{p1}.Svp_1 + mcd_1.Scd_1 = madc_1.Sad_1 + mr_1.Sad_1$$

$$md_1.Sd_1 + mv_{p1}.Svp_1 + mcd_1.Scd_1 = madc_1.Sad_1 + x.madc_1.Sad_1$$

Introduzindo as equações (15) e (16), vem :

$$Sad_1.madc_1(1+x) = md_1.Sd_1 + [(1+x-b_6)madc_1 - (1+a_6)md_1 - c_6]Scd_1 + \\ + (a_6.md_1 + b_6.madc_1 + c_6)Svp_1$$

$$Sad_1.madc_1(1+x) = md_1.Sd_1 + (1+x-b_6)Scd_1.madc_1 - (1+a_6)Scd_1.md_1 - c_6.Sc_1 + \\ + a_6.Svp_1.md_1 + b_6.Svp_1.madc_1 + c_6.Svp_1$$

$$Sad_1.madc_1(1+x) = [Sd_1 - (1+a_6)Scd_1 + a_6.Svp_1]md_1 + [(1+x-b_6)Scd_1 + b_6.Svp_1]madc_1 \\ + (Svp_1 - Scd_1)c_6$$

$$Sad_1 = \frac{[Sd_1 - (1+a_6)Scd_1 + a_6.Svp_1]md_1 + [(1+x-b_6)Scd_1 + b_6.Svp_1]madc_1 + (Svp_1 - Scd_1)c_6}{(1+x)madc_1}$$

Chamando :

$$a_7 = [Sd_1 - (1+a_6)Scd_1 + a_6.Svp_1] / (1+x)$$

$$b_7 = [(1+x-b_6)Scd_1 + b_6.Svp_1] / (1+x)$$

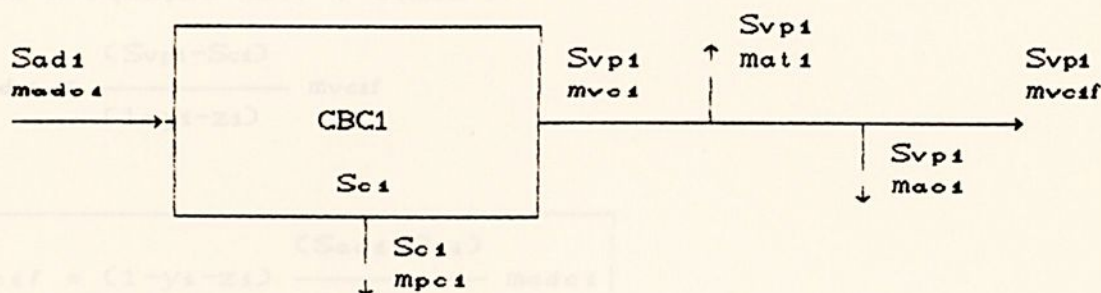
$$c_7 = (Svp_1 - Scd_1)c_6 / (1+x)$$

Temos :

$$Sad_1 = \frac{a_7.md_1 + b_7.madc_1 + c_7}{madc_1} \quad (17)$$

2.7 SISTEMA GERADOR DE VAPOR CBC1

2.7.1 Esquema



2.7.3 Balanço de Massa

Para que possamos reduzir o número de incógnitas do sistema, até porque existe uma determinada relação entre os valores, abaixo fazemos as seguintes considerações:

$$mat1 = y1 \cdot mvc1 \quad (y1 = 0,0111 \text{ ou } 1,11 \% - \text{apostila SENAI para Operadores de Caldeiras})$$

$$mao1 = z1 \cdot mvc1 \quad (z1 = 0,0050 \text{ ou } 0,50 \% - \text{calculado para o aquecedor de óleo})$$

Portanto,

$$mvc1 = mat1 + mao1 + mvc1f$$

$$mvc1 = y1 \cdot mvc1 + z1 \cdot mvc1 + mvc1f$$

$$(1 - y1 - z1) mvc1 = mvc1f$$

$$mvc1 = \frac{mvc1f}{(1 - y1 - z1)} \quad (18)$$

$$madc1 = mvc1 + mpc1 \quad (19)$$

2.5.3 Balanço de Concentração de Sílica

$$madc1 \cdot Sad1 = mvc1 \cdot Svp1 + mpc1 \cdot Sc1$$

Da equação (19), temos:

$$mpc1 = madc1 - mvc1$$

Portanto ,

$$mada_1 \cdot S_{ad_1} = mvc_1 \cdot S_{vp_1} + (madc_1 - mvc_1) S_{c_1}$$

$$(S_{ad_1} - S_{c_1}) madc_1 = (S_{vp_1} - S_{c_1}) mvc_1$$

Introduzindo a equação (18) , temos :

$$(S_{ad_1} - S_{c_1}) madc_1 = \frac{(S_{vp_1} - S_{c_1})}{(1 - y_1 - z_1)} mvc_{1f}$$

Portanto ,

$$mvc_{1f} = (1 - y_1 - z_1) \frac{(S_{ad_1} - S_{c_1})}{(S_{vp_1} - S_{c_1})} madc_1$$

(20)

CAPÍTULO 3

MODELAMENTO ENERGÉTICO E ECONÔMICO

3.1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento de todos que os equipamentos possuem um comportamento variável em sua faixa de trabalho, isto é, o seu rendimento varia de acordo com a taxa de produção e isto ocorre segundo uma equação qualquer.

Neste capítulo iremos avaliar o comportamento dos geradores de vapor sob dois aspectos: Econômico e Energético.

3.2 MODELAMENTO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

CAPÍTULO 3

O modelamento matemático é feito segundo o perfil de produção de vapor e consumo de energia do equipamento em análise. Algumas considerações são feitas, onde não foi possível a obtenção das informações.

A equação matemática que descreve a curva que melhor se adapta às coordenadas é do tipo exponencial, e foi obtida após várias tentativas de modelos de regressões.

Portanto, genericamente podemos escrever:

$$Y = A(X)^n$$

onde:

Y = Qualquer objeto desejado (Ex: Consumo de óleo, Custo, etc.)

A = Valor conhecido do objeto em sua condição máxima ou de projeto.

X = Valor adimensional caracterizado pela divisão entre um valor qualquer do domínio (desejado) pelo seu valor máximo ou de projeto.

n = Expoente que descreve o comportamento do objeto.



CAPITULO 3

MODELAMENTO ENERGÉTICO E ECONÔMICO

3.1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento de todos que os equipamentos possuem um comportamento variável em sua faixa de trabalho , isto é , o seu rendimento varia de acordo com a taxa de ocupação e isto ocorre segundo uma equação qualquer .

Neste capítulo iremos avaliar o comportamento dos geradores de vapor sob dois aspectos : Econômico e Energético .

3.2 MODELAMENTO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

O modelamento matemático é feito segundo o perfil de produção de vapor e consumo de energético do equipamento em análise . Algumas considerações são feitas , onde não foi possível a obtenção das informações .

A equação matemática que descreve a curva que melhor se adapta às coordenadas é do tipo exponencial , e foi obtida após várias tentativas de modelos de regressões .

Portanto , genericamente podemos escrever :

$$Y = a(X)^m$$

onde ,

Y = Qualquer objeto desejado (Ex.: Consumo de óleo , Custo , etc.)

a = Valor conhecido do objeto em sua condição máxima ou de projeto .

X = Valor adimensional caracterizado pela divisão entre um valor qualquer do domínio (desejado) pelo seu valor máximo ou de projeto .

m = Expoente que descreve o comportamento do objeto .

3.2.1 Dados dos Equipamentos para o Modelamento Matemático

Sistema Gerador de Vapor	Capacidade kg/h	Consumo de Energia Gcal/h
DEDINI	20.000	15,536
CBC1	7.475	6,633
CBC3	7.950	6,782
ASEA	23.500	13,844

3.2.2 Determinação dos Expoentes

Sistema Gerador de Vapor	Expoente	Observações
DEDINI	0,98	Experimental
CBC1	0,97	Adotado
CBC3	0,97	Adotado
ASEA	0,99	Adotado

Com base no valor experimental, isto é, várias leituras de consumo de óleo para várias produções de vapor, e características das caldeiras é que foram adotados os expoentes acima.

3.3 MODELAMENTO ENERGETICO

Para este modelo, será utilizada a expressão abaixo:

$$E = a(X)^m$$

onde,

E = Energia consumida em [Mcal]

A energia consumida engloba todos os equipamentos envolvidos na produção de vapor, tais como bombas, ventiladores, etc.

A avaliação é feita utilizando-se os gráficos para uma determinada situação desejada de produção de vapor. Para isto, divide-se a vazão de vapor a ser produzido pelas capacidades de cada caldeira,



obtendo-se os fatores adimensionais . Com estes valores , entra-se nos gráficos e obtem-se os dados de consumo de energia , custo de produção e custo unitário de produção . Com isto , pode-se então verificar a melhor alternativa para a produção daquela quantidade de vapor desejada .

3.3.1 Sistema Gerador de Vapor DEDINI

$$E = 15.536 (X)^{0.88}$$

3.3.2 Sistema Gerador de Vapor ASEA

$$E = 13.844 (X)^{0.89}$$

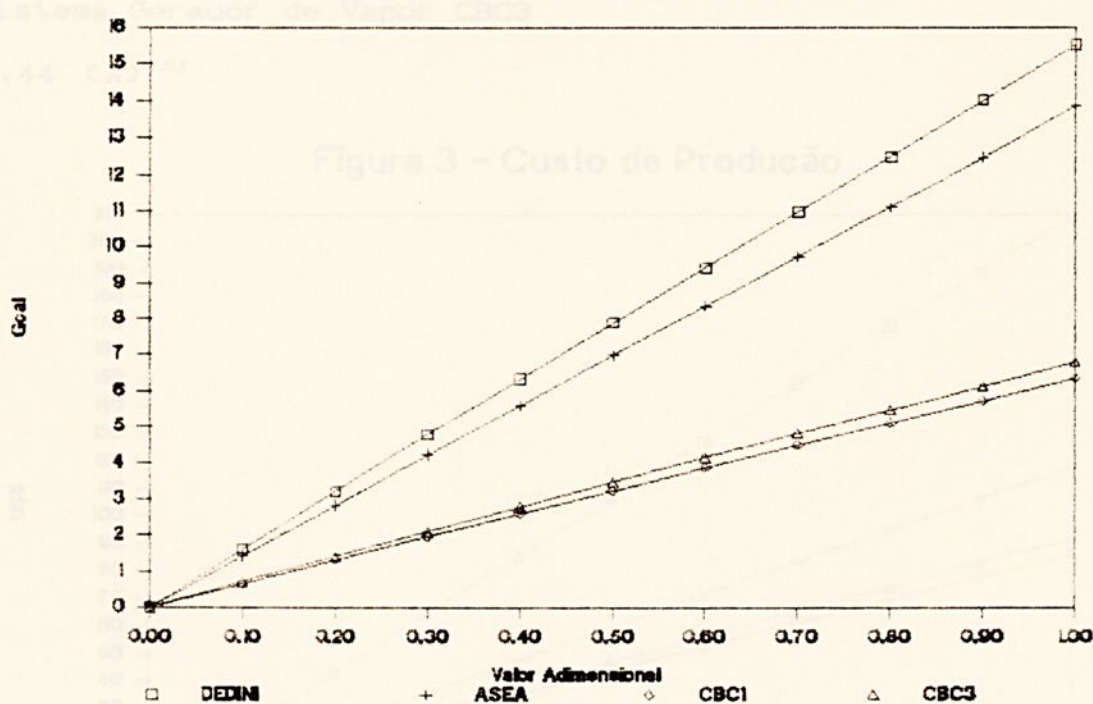
3.3.3 Sistema Gerador de Vapor CBC1

$$E = 6.633 (X)^{0.97}$$

3.3.4 Sistema Gerador de Vapor CBC3

$$E = 6.782 (X)^{0.97}$$

Figura 2 - Consumo de Energia



3.4 MODELAGEM ECONÔMICA

Para este modelo , será utilizada a expressão abaixo :

$$C = a(X)^m$$

onde ,

C = Custo de Produção em US\$

O Custo de Produção engloba a energia de todos os equipamentos envolvidos na produção de vapor , tais como bomba e outros .

3.4.1 Sistema Gerador de Vapor DEDINI

$$C = 209,45 (X)^{0,99}$$

3.4.2 Sistema Gerador de Vapor ASEA

$$C = 117,67 (X)^{0,99}$$

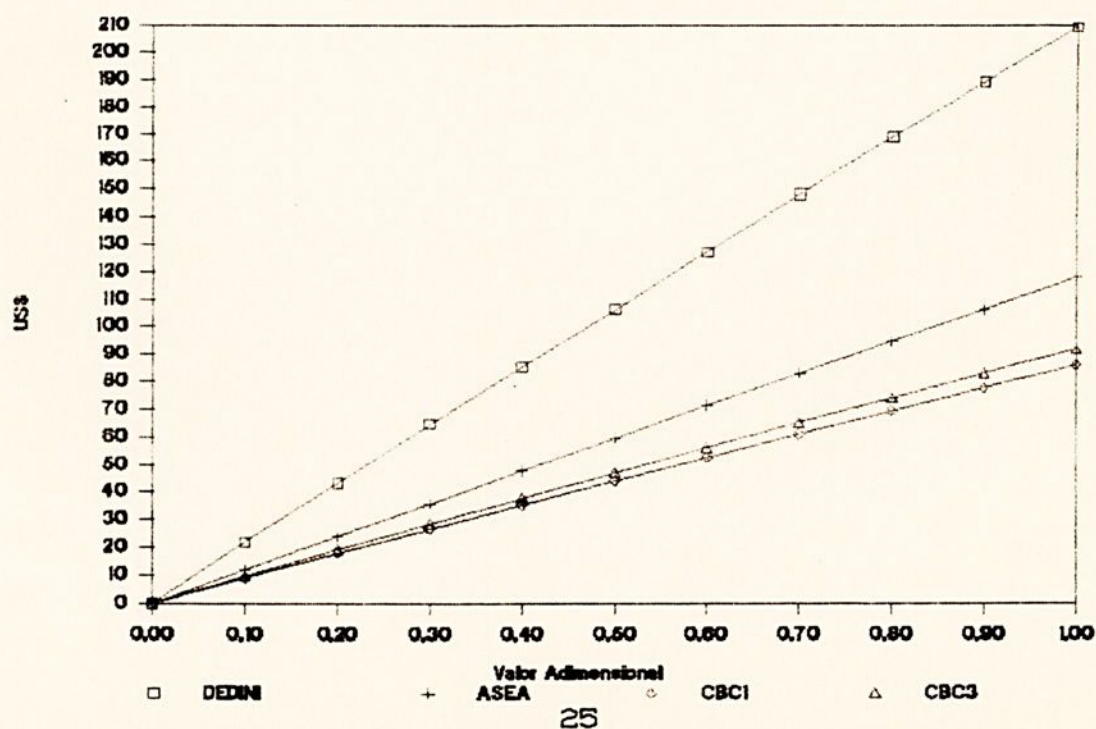
3.4.3 Sistema Gerador de Vapor CBC1

$$C = 85,41 (X)^{0,97}$$

3.4.4 Sistema Gerador de Vapor CBC3

$$C = 91,44 (X)^{0,97}$$

Figura 3 - Custo de Produção



CAPÍTULO 4

RESULTADOS

A partir das equações obtidas no capítulo (2) , foi feito um programa para calcular todas as variáveis desejadas , conforme mencionadas no capítulo (1) . Como exemplo de aplicação apresentamos três situações , para que possamos avaliar o comportamento do modelo matemático .

Quanto à utilização dos gráficos do capítulo (3) , apresentamos também três exemplos para que possamos visualizar algumas combinações . As três situações escolhidas são : baixo , médio e alto consumo de vapor .

4.1 CONDIÇÕES UTILIZADAS PARA O BALANÇO DE MASSA DAS CALDEIRAS

4.1.1 Sistema Desalerador B20

Água Desmineralizada :

CAPÍTULO 4

$h_d = 87,8 \text{ kcal/kg}$ ($t_{\text{emp}} = 27^\circ\text{C}$)

$C_d = 9,3 \text{ }\mu\text{S/cm}$

$S_d = 4,0 \text{ mg/l}$

Vapor :

$h_v = 542,7 \text{ kcal/kg}$

$C_v = 2,7 \text{ }\mu\text{S/cm}$

$S_v = 0,8 \text{ mg/l}$

Condensado :

$h_{cd} = 120,0 \text{ kcal/kg}$ ($t_{\text{emp}} = 120^\circ\text{C}$)

$C_{cd} = 4,0 \text{ }\mu\text{S/cm}$

$S_{cd} = 0,3 \text{ mg/l}$

Água Desaerada :

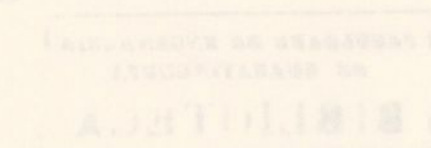
$h_{ad} = 105,1 \text{ kcal/kg}$ ($t_{\text{emp}} = 105^\circ\text{C}$)

Isolamento :

$Q_{\text{isol}} = 4300,0 \text{ kcal/h}$

Respiração :

$h_r = 539,4 \text{ kcal/kg}$



CAPÍTULO 4

RESULTADOS

A partir das equações obtidas no capítulo (2) , foi feito um programa para calcular todas as variáveis desejadas , conforme mencionadas no capítulo (1) . Como exemplo de aplicação apresentamos três situações , para que possamos avaliar o comportamento do modelo matemático .

Quanto à utilização dos gráficos do capítulo (3) , apresentamos também três exemplos para que possamos visualizar algumas combinações . As três situações escolhidas são : baixo , médio e alto consumo de vapor .

4.1 CONDIÇÕES UTILIZADAS PARA O BALANÇO DE MASSA DAS CALDEIRAS

4.1.1 Sistema Desaerador B20

. Água Desmineralizada :

$h_d = 27,0 \text{ kcal/kg}$ (temp = 27°C)
 $C_d = 9,3 \text{ }\mu\text{S/cm}$
 $S_d = 4,0 \text{ mg/l}$

. Vapor :

$h_{vp} = 642,7 \text{ kcal/kg}$
 $C_{vp} = 2,7 \text{ }\mu\text{S/cm}$
 $S_{vp} = 0,6 \text{ mg/l}$

. Condensado:

$h_{cd} = 120,0 \text{ kcal/kg}$ (temp = 120°C)
 $C_{cd} = 4,0 \text{ }\mu\text{S/cm}$
 $S_{cd} = 0,3 \text{ mg/l}$

. Água Desaerada :

$h_{ad} = 105,0 \text{ kcal/kg}$ (temp = 105°C)

. Isolamento :

$Q_{isol} = 4300,0 \text{ kcal/h}$

. Respiro :

$h_r = 638,4 \text{ kcal/kg}$

TABELA 1 - RESULTADOS DO BALANÇO DE MASSA

DESCRIÇÃO	A	B	C
DADOS DE ENTRADA			
1) Consumo de Água Desmineralizada (m ³)			
.B20	1.522	2.479	7.707
.B50	16	20	83
.CBC3	363	450	33
.SO ₂	317	421	1.028
2) Produção de Vapor (ton)			
.DEDINI	250	153	3.695
.ASEA	1.444	2.495	5.397
.SO ₂	199	229	680
3) Consumo Medido de Vapor (ton)			
.6 atm	1.670	2.411	6.590
.18 atm	309	347	1.300
RESULTADOS TEÓRICOS			
1) Quadra de Caldeiras (ton)			
.Produção de Vapor 6 atm	367	456	126
.Consumo dos Des aeradores	223	365	1.119
.Vapor 6 atm disponível	145	91	-993
.Produção de Vapor 18 atm	1.693	2.648	9.073
.Total de Vapor disponível	1.837	2.739	8.080
2) Unidade de SO ₂ (ton)			
.Vapor 18 atm disponível	199	229	680
3) Fábrica (ton)			
.Total de Vapor disponível	2.036	2.968	8.760
.Retorno de Condensado	149	149	1.079
.Total de Vapor entregue	1.887	2.819	7.681
RESULTADOS PRÁTICOS			
1) Medição de Consumo (ton)			
.Vapor 6 atm	1.670	2.411	6.590
.Vapor 18 atm	309	347	1.300
.Vapor total	1.979	2.758	7.890
COMPARAÇÃO - TOTAL TEÓRICO x TOTAL PRÁTICO			
.Diferença (ton)	-92	61	-290
.Percentual (%)	-4,64	2,22	-2,64



4.3 DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS

A tabela 1 mostra os dados de entrada , resultados teóricos e práticos e ao final , a comparação .

Podemos observar que as diferenças estão em uma ordem de grandeza de $\pm 5,00\%$. Porém em outros cálculos esta diferença chegou em cerca de $- 10,00\%$. Em engenharia , a precisão de $\pm 10,00\%$ é aceita como bom resultado . As diferenças são explicadas pelo grande número de parâmetros existentes , que estão mudando de valor a todo instante do processo . Como a utilização destes parâmetros ainda não é possível simultaneamente ao processo , é feita uma média dos valores medidos para a realização dos cálculos .

Outro fator de grande influência nos resultados são as purgas que são determinadas teóricamente . Porém é sabido que durante a produção do vapor , estas purgas dependem unicamente da mão-de-obra operacional , fator de difícil consideração no modelo .

A precisão dos instrumentos de medição , bem como os erros de leituras e descalibração são também pontos de muita influência nos resultados . Isto se explica porque os dados de entrada e resultados práticos são dependentes diretos destes fatores .

Mas é importante salientar que o modelo é muito útil para prever e também para ajustar uma maneira ótima de funcionamento das caldeiras com o menor custo de operação . Portanto o modelo parece cumprir muito bem sua função.

4.4 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DOS GRÁFICOS

4.4.1 Baixo Consumo de Vapor - 6 t/h

Conhecida a vazão desejada , entra-se nos gráficos e tira-se



os valores de consumo de energia e custo de produção para cada caldeira .

Figura 4 - Consumo de Energia

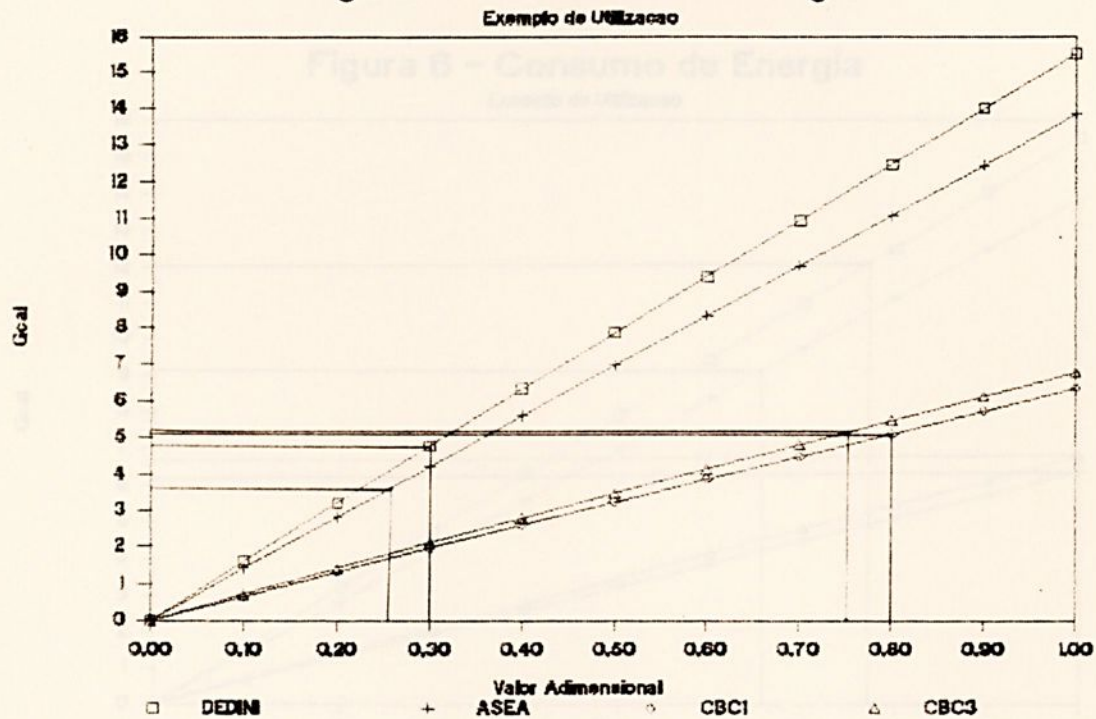
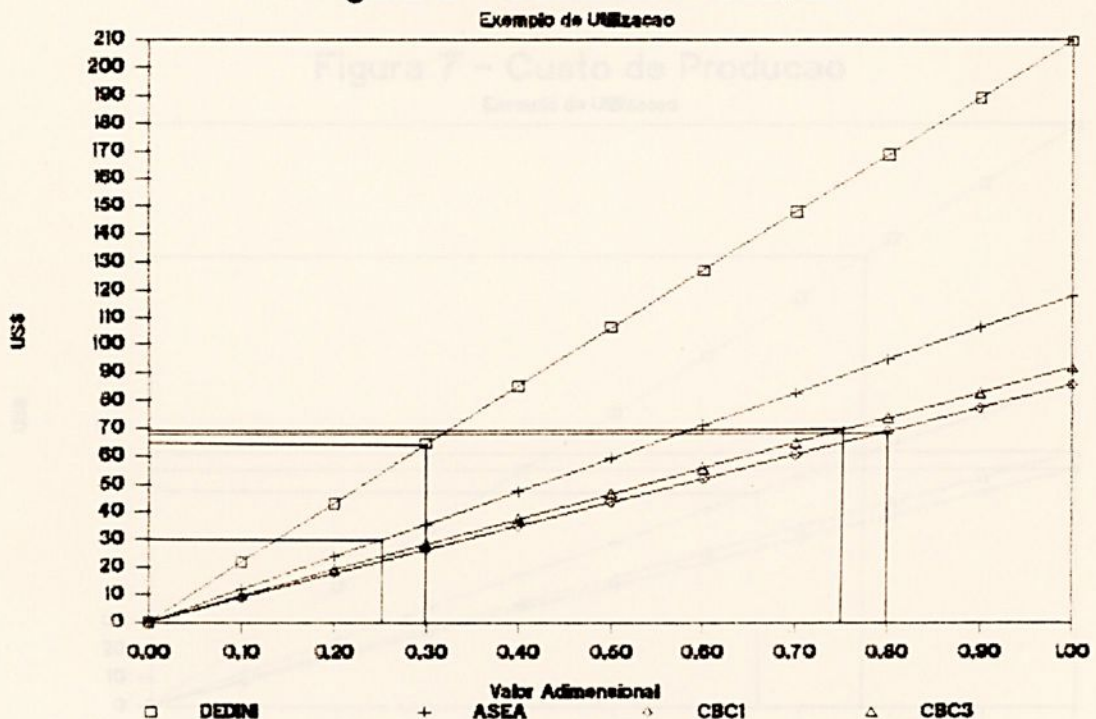


Figura 5 - Custo de Produção



4.4.2 Médio Consumo de Vapor - 15,4 t/h

Conhecida a vazão desejada , entra-se nos gráficos e tira-se os valores de consumo de energia e custo de produção para cada caldeira .

Figura 6 - Consumo de Energia

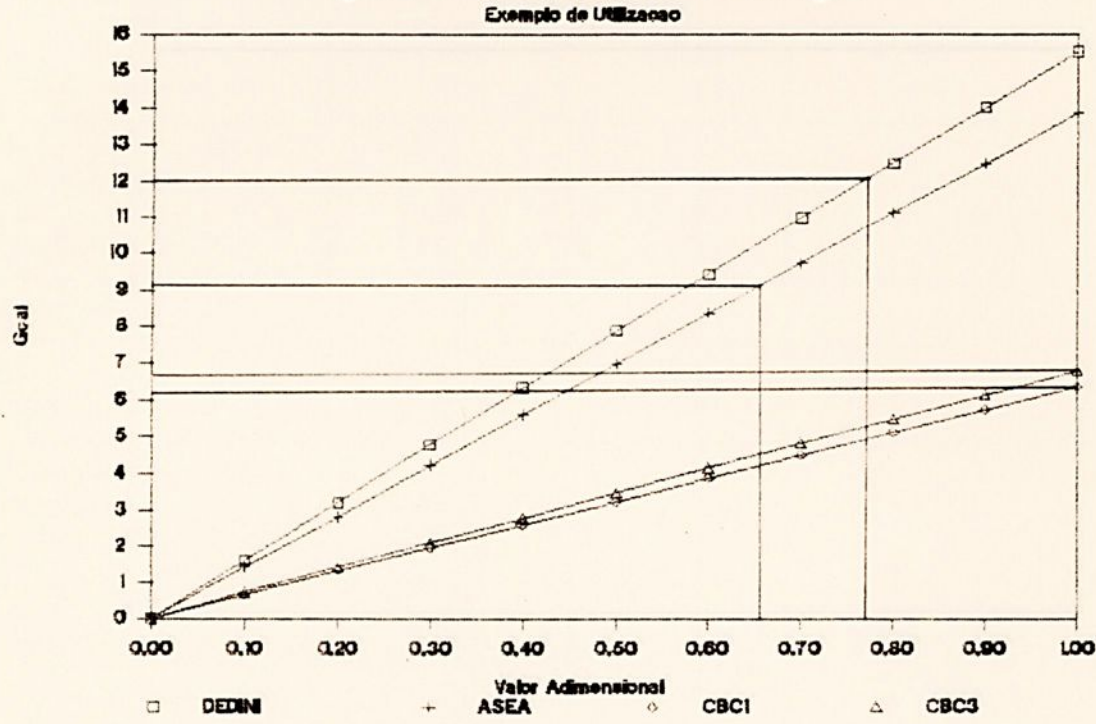
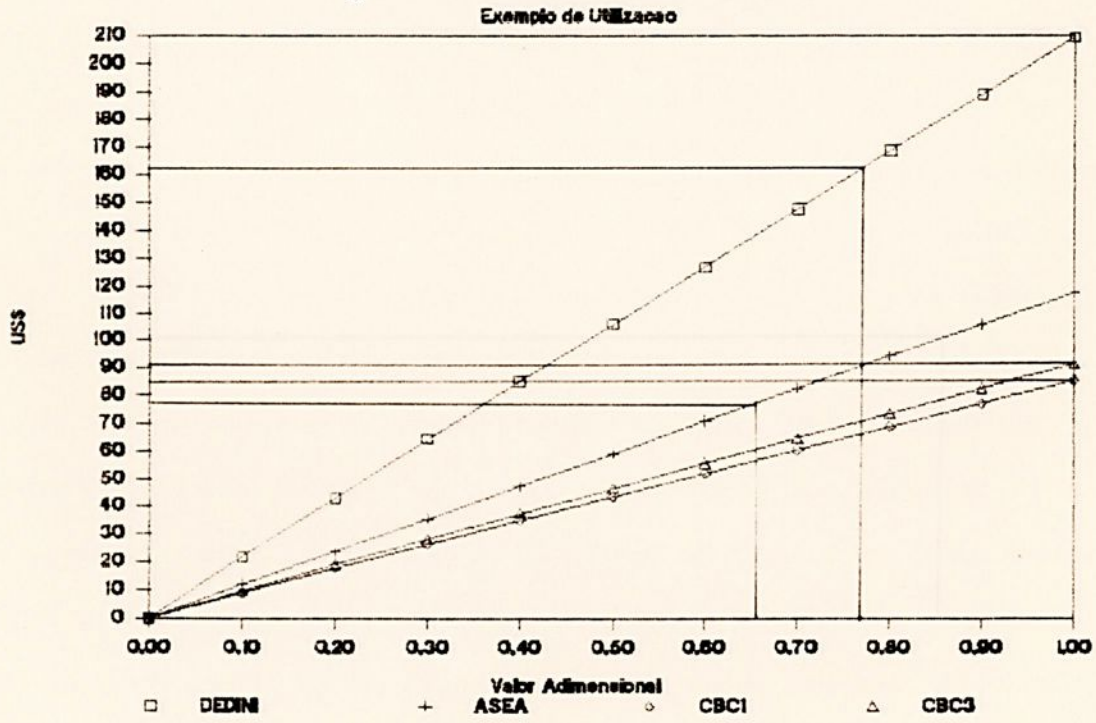


Figura 7 - Custo de Produção



4.4.2 Alto Consumo de Vapor - 20 t/h

Conhecida a vazão desejada , entra-se nos gráficos e tira-se os valores de consumo de energia e custo de produção para cada caldeira .

Figura 8 - Consumo de Energia

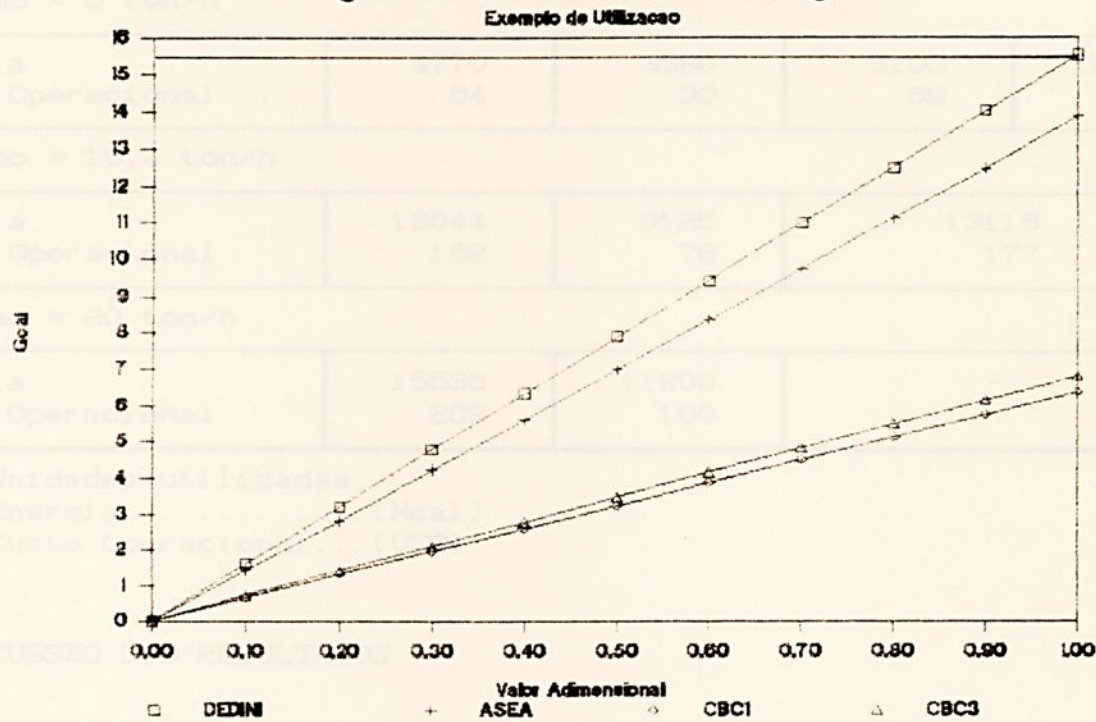
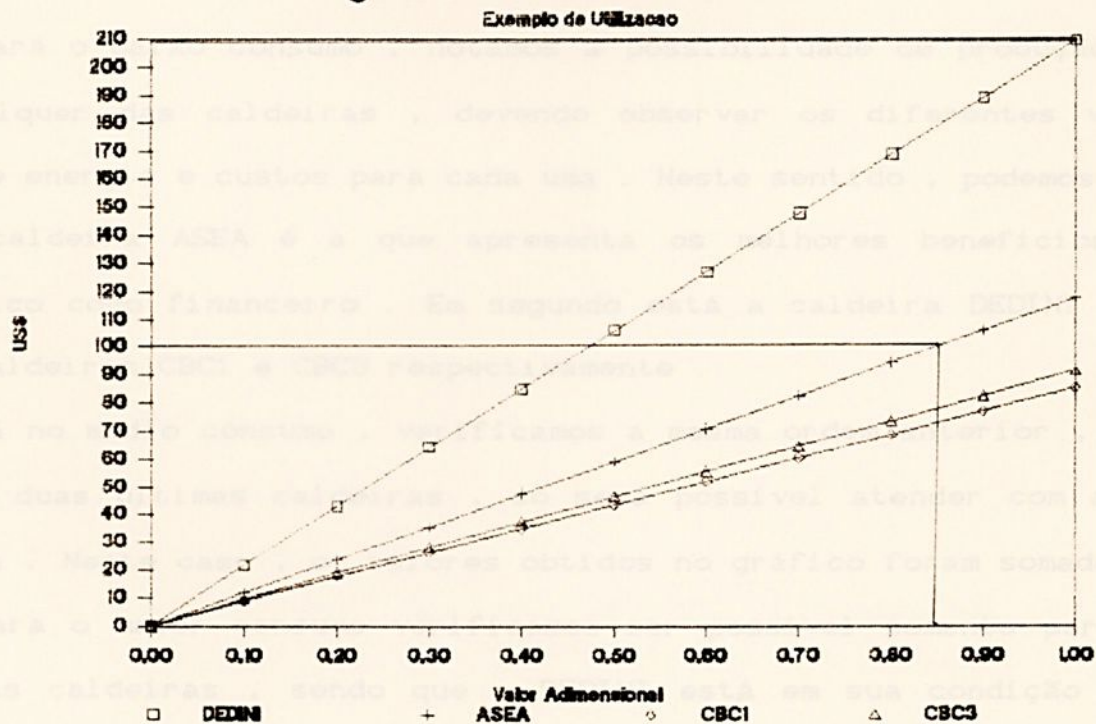


Figura 9 - Custo de Produção



4.5 TABELA DE RESULTADOS

TABELA 2 - CONSUMOS DE ENERGIA E CUSTOS DE PRODUÇÃO

DESCRIÇÃO	DEDINI	ASEA	CBC1	CBC3
Consumo = 6 ton/h				
Energia	4770	3580	5106	5147
Custo Operacional	64	30	68	69
Consumo = 15,4 ton/h				
Energia	12044	9125	13115	
Custo Operacional	162	78	177	
Consumo = 20 ton/h				
Energia	15536	11800	-	
Custo Operacional	209	100	-	

Obs.: Unidades utilizadas

Energia.....[Mcal]

Custo Operacional...[US\$]

4.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os valores da tabela 2 foram obtidos dos gráficos e demonstram três situações distintas :

a) Para o baixo consumo , notamos a possibilidade de produção do vapor com qualquer das caldeiras , devendo observar os diferentes valores de gasto de energia e custos para cada uma . Neste sentido , podemos verificar que a caldeira ASEA é a que apresenta os melhores benefícios , tanto energético como financeiro . Em segundo está a caldeira DEDINI , seguida pelas caldeiras CBC1 e CBC3 respectivamente .

b) Já no médio consumo , verificamos a mesma ordem anterior , sendo que para as duas últimas caldeiras , só será possível atender com a operação conjunta . Neste caso , os valores obtidos no gráfico foram somados .

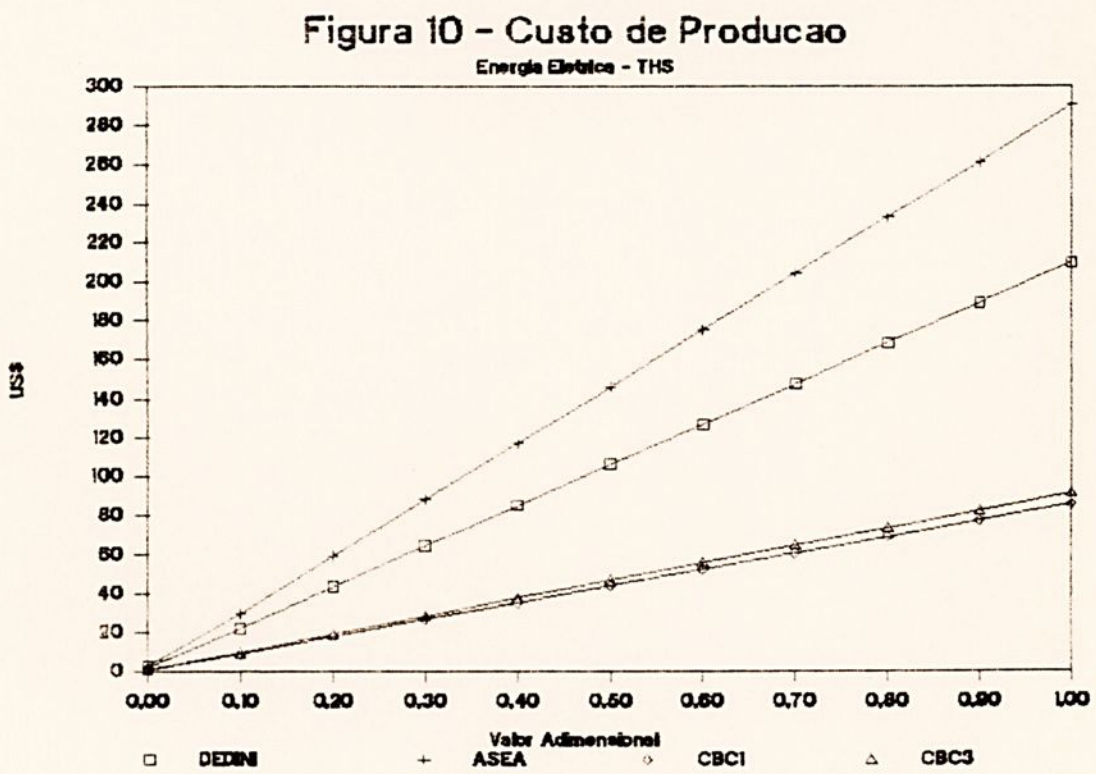
c) Para o maior consumo verificamos ser possível somente para as duas primeiras caldeiras , sendo que a DEDINI está em sua condição máxima de



produção (melhor eficiência) . Mesmo assim , notamos que a caldeira ASEA continua sendo a mais atrativa .

Um ponto muito importante a ser levado em consideração é o fato de que a energia elétrica utilizada na caldeira ASEA é subsidiada - Energia Temporária para Substituição Térmica(ETST) . Assim sendo , se considerarmos esta energia como firme - Tarifação Horo Sazonal (THS) - este custo seria cerca de 2,5 vezes maior . Neste caso , o gráfico de custo operacional teria uma modificação da curva da caldeira ASEA ligeiramente para cima , passando a ser o menos atrativo .

Como consequência , temos que o custo unitário também sofre uma grande elevação , passando a ser o maior de todas as caldeiras . Com isto , podemos analisar que nem todas as vantagens energéticas são as mais vantajosas financeiramente , o que nos permite além de tomarmos decisões de uso racional da energia , também considerarmos o fator econômico . O gráfico do custo de produção é demonstrado a seguir .



Outro fator importante consiste que não se considerou o empréstimo compulsório da ELETROBRÁS que corresponde a um aumento de cerca de 50% no custo do MWh . Este custo não é levado em conta porque após um ano calendário ele é transformado em crédito em janeiro do ano seguinte , o qual sofre correção monetária e ainda rende juros sobre o valor corrigido . A correção monetária se incorpora ao principal e pode ser resgatado no prazo de 20 anos [2] . Nestes termos , existe um desembolso real que não é contabilizado como custo operacional , que corresponde a cerca de 161% do valor principal pago à ELETROBRÁS .



CAPÍTULO 3

CONCLUSÕES

Fuscou-se através de uma forma simples e prática avaliar o comportamento de uma central geradora de vapor sob o aspecto de seu balanço de massa. Com isso, pôde-se analisar individualmente cada equipamento, bem como seu conjunto, observando a sua contribuição para o contexto geral desempenhado pela central em comparação aos usuários finais.

A utilização do programa de computador permitiu uma rápida forma de avaliar o desenvolvimento da produção de vapor e, se necessário, efetuar simulações para uma comparação com a realidade. Isto contribui para eventuais correções de operação, tendo-se em vista que o uso racional da energia é um fator de grande importância para ser analisado.

CAPÍTULO 5

O modelo matemático representa uma forma simplificada de analisar o comportamento da central de produção de vapor com relativa segurança, apresentando um índice máximo de erro de cerca de 10%, normalmente a menor, considerando-se o número de dados e a frequência que estes se alteram ao longo do tempo de avaliação.

Outra ferramenta importante apresentada neste trabalho são os gráficos de consumo de energia e custos operacionais e unitários. Estes gráficos representam uma forma simplificada de se tomar decisões quanto ao gasto de energia e custo operacional. Estes gráficos demonstram claramente as diferenças existentes entre as caldeiras, servindo para orientar na decisão de como melhor desenvolver uma campanha de produção de vapor.



CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Buscou-se através de uma forma simples e prática avaliar o comportamento de uma central geradora de vapor sob o aspecto do seu balanço de massa . Com isso , pôde-se analisar individualmente cada equipamento , bem como seu conjunto , observando a sua contribuição para o contexto geral desempenhado pela central em comparação aos usuários finais .

A utilização do programa de computador permitiu uma rápida forma de avaliar o desenvolvimento da produção de vapor e , se necessário efetuar simulações para uma comparação com a realidade . Isto contribui para eventuais correções de operação , tendo-se em vista que o uso racional da energia é um fator de grande importância para ser analisado .

O modelo matemático representa uma forma simplificada de analisar o comportamento da central de produção de vapor com relativa segurança , apresentando um margem máxima de erro de cerca de 10% , normalmente a menor , considerando-se o número de dados e a frequência que estes se alteram ao longo do tempo de avaliação .

Outra ferramenta importante apresentada neste trabalho são os gráficos de consumo de energia e custos operacional e unitário . Estes gráficos representam uma forma simplificada de se tomar decisões quanto ao gasto de energia e custo operacional . Estes gráficos demonstram claramente as diferenças existentes entre as caldeiras , servindo para orientar na decisão de como melhor desenvolver uma campanha de produção de vapor .



Como resultado prático deste trabalho , espera-se que possa ser utilizado como ferramenta de avaliação da central de geração de vapor , visando contribuir para um melhor uso da instalação com um conseqüente uso racional da energia disponível .

Para finalizar , ficam algumas sugestões para futuros trabalhos utilizando-se este modelo :

- Balanço de energia dos sistemas global e unitário , através da aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica ;
- Aplicação do estudo da exergia para a verificação dos eventuais desperdícios e a sugestão de melhorias .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [11] JEAN-MARIE MARTIN , "A Economia Mundial da Energia" - Editora Unesp - 1992 - SP
- [12] "Exercícios Compulsórios a ELETROBRAS - Contabilização dos Créditos" , Técnica Contábil e Balanços - Revista ICB , pag. 94 , Edição 9/91 .
- [13] GORDON J. VAN WYLLLEN & RICHARD E. SONNTAG , "Fundamentos da Termodinâmica Clássica" . 2ª Edição - Edgar Blücher - 1987 - SP
- [14] T. J. KOTAS , "The Energy Method of Thermal Plant Analysis" - Butterworths - 1985 - London
- [15] M.M.E. , "Balanço Energético Nacional 1992" , Ministério de Minas e Energia -

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [16] J. H. Harlock , "Cogeneration : Combined Heat and Power" - Pergamon Press - 1987 - Great Britain
- [17] L. R. Carrocci , V. J. Olive , "Análise de Ciclo Térmico para Fins Didáticos Utilizando Microcomputador - XVI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia" . 1993 - São Horizonte - (em publicação)
- [18] R. L. Evans & C. Spole , "Microcomputer - Based Analysis of Steam Power Plants" , International Journal of Mechanical Engineering Education - Vol 17 nº3 pag. 217 - 230 - 1989 - England
- [19] Luiz Pedro Biasoli S. , "Como Projetar e Otimalizar a Operação de Sistemas de Vapor" .



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JEAN-MARIE MARTIN , "A Economia Mundial da Energia" . Editora Unesp 1992 - SP
- [2] "Empréstimos Compulsórios à ELETROBRÁS - Contabilização dos Créditos" , Temática Contábil e Balanços - Revista IOB , pág. 84 , Boletim 9/91 .
- [3] GORDON J. VAN WYLLLEN & RICHARD E. SONNTAG , "Fundamentos da Termodinâmica Clássica" . 2ª Edição - Edgar Blücher - 1987- SP
- [4] T. J. KOTAS , "The Exergy Method of Thermal Plant Analysis" . Butterwoths - 1985 - London
- [5] M.M.E. , "Balanço Energético Nacional 1992" . Ministério de Minas e Energias - 1992 - Brasília
- [6] J. H. Harlock , "Cogeneration : Combined Heat and Power" . Pergamon Press - 1987 - Great Britain
- [7] L. R. Carrocci , V. J. Oliva , "Análise de Ciclo Térmico para fins Didáticos Utilizando Microcomputador - XXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia" . 1193 - Belo Horizonte - (em publicação)
- [8] R. L. Evans e C. Mowle , "Microcomputer - Based Analysis of Steam Power Plants" . International Journal of Mechanical Engineering Education - Vol 17 N°3 pág. 217 - 230 - 1988 - England
- [9] Luiz Pedro Biazoto , "Como Projetar e Otimizar a Operação de Sistemas de Vapor".



PROGRAMA SANACAL.TXT
ENTRADA DE DADOS E APRESENTAÇÃO
Emílio 23/09/92

APÊNDICE A



```

-----
PROGRAMA BAMACAL.TXT
ENTRADA DE DADOS E APRESENTAÇÃO
Enilson 23/09/92
-----

```

```

window entrada = size 79 by 24 at 1,1 framed
window entrsup = top 1 in entrada mode title framed
window entrinf = bottom 1 in entrada mode prompt framed
window total = size 79 by 24 at 1,1 framed
window totalsup = top 3 in total mode title framed
window supinf = bottom 1 in totalsup mode normal framed
window totalinf = bottom 1 in total mode normal framed

espera = true

texto = " "
linha = " "

screen entrada
  put in entrsup at 1,1 "BASF Brasileira S.A.",column 30 "Hora : ",systime,\\
  column 50 "Data : ",sysdate veil "___/___/____",column 76 "TGU"
  put in entrinf "<faça> para continuar" filled
  put in entrada do newline,mode title \\
  "Bem-vindo ao Programa Balanço de Massa das Caldeiras !" filled
  put space 2 , mode normal
  input texto is "BMCAPR.TXT"
  while not eof (texto)
    linha = readline (texto)
    put linha , do newline
  end while
  input texto end

get espera
end screen
while espera
  screen total
  put in totalsup at 1,1 "BASF Brasileira S.A.",column 30 "Hora : ",systime,\\
  column 50 "Data : ",sysdate veil "___/___/____",column 76 "TGU"
  put in supinf line 1 "Balanço de Massa das Caldeiras" filled
  put in totalinf column 3 "Mensagem : "
  segue = true
  while segue
    !Desaerador B.20!
    !Desmi!
    hd=27.0;cd=9.3;sd=4.0
    !Vapor!
    hvp=642.7;cvp=2.7;svp=0.6
    !Condensado!
    hcd=120.0;ccd=4;scd=0.3
    !Água quente!
    had=105.0;qisol=4300.0;hr=638.4

    !Desaerador B.50!
    !Desmi!
    hdi=27.0;cdi=9.3;sdi=4.0
    !Vapor!
    hvp1=641.2;cvp1=2.7;svp1=0.6
    !Água quente!
    hadi=105.0;qisol1=5000.0;hr1=638.4

    !Caldeiras!
    !DEDINI!

```




```

hde=668.8;sde=130.0
!ASEA!
has=668.8;cas=50.0
!CBC 1!
hc1=659.9;scc1=130.0
!CBC 3!
hc3=659.9;scc3=130.0

mab=0.0;md=0.0;md1=0.0;md2=0.0;md3=0.0;md4=0.0
mvdn=0.0;mva=0.0;mvsf=0.0;mv6c=0.0;mv18c=0.0
msg = " "
inicial = " "
final = " "
simula = " "

window menu1 = size 30 by 7 at 24,10 framed
window menusup = top 1 in menu1 mode title framed
window menusup1 = top 1 in menu1 mode normal framed
window menuinf = bottom 1 in menu1 mode prompt framed
window entrada = size 50 by 5 at 15,11 framed
window entrsup = top 1 in entrada mode title framed
window entrinf = bottom 1 in entrada mode prompt framed
window menutotal = size 60 by 13 at 10,7 framed
window superior = top 3 in menutotal mode title framed
window superior1 = bottom 1 in superior mode normal framed
window superior2 = top 1 in menutotal mode title framed
window prodvap = size 60 by 14 at 10,7 framed
window vapsup = top 7 in prodvap mode normal framed
window vapsup1 = top 1 in vapsup mode title framed
window vapfab = top 1 in prodvap mode title framed
window simular = size 25 by 5 at 28,11 framed
window simsup = top 1 in simular mode title framed
window siminf = bottom 1 in simular mode prompt framed
window imprima = size 45 by 5 at 10,8 framed
window imprsup = top 1 in imprima mode title framed
window imprinf = bottom 1 in imprima mode normal framed

screen menu1
  put in menusup "MENU PRINCIPAL" filled
  put in menusup1 "Escolha sua Opção" filled
  put in menuinf "<faça>" filled
  put in menu1 column 4
  menu
    :Executar: segue = true
    :Encerrar: segue = false
  end menu
end screen
if segue
  screen entrada
    put in entrsup "Fornecer Período de Referência" filled
    put in entrinf "<faça>" filled
    put in entrada at 12,2 "de",column 26 "a"
    get in entrada at 16,2 inicial numbers veil "___/___/___"
    get in entrada at 29,2 final numbers veil "___/___/___"
  end screen

  screen menutotal
    put in superior "Consumo de Água Industrial - m3" filled
    put in superior2 "Consumo de Água Desmineralizada - m3" filled
    put in superior1 at 8,1 "Estação de Água Desmineralizada =>"
    put in menutotal at 8,2 "DEDINI + ASEA" =>
    put in menutotal at 8,3 "CBC 1" =>
    put in menutotal at 8,4 "CBC 3" =>
  end screen

```




```

put in menutotal at 8,5 "ENXOFRE" =>
put in menutotal at 8,6 "OUTROS" =>
get in superior1 at 44,1 mab width 12 numbers precision 2
get in menutotal at 44,2 md width 12 numbers precision 2
get in menutotal at 44,3 md1 width 12 numbers precision 2
get in menutotal at 44,4 md2 width 12 numbers precision 2
get in menutotal at 44,5 md3 width 12 numbers precision 2
get in menutotal at 44,6 md4 width 12 numbers precision 2
end screen
screen prodvap
put in vapsup1 "Produção de Vapor - T" filled
put in vappab "Consumo total de Vapor da Fábrica - T" filled
put in vapsup at 8,2 "Caldeira DEDINI" =>
put in vapsup at 8,3 "Caldeira ASEA" =>
put in vapsup at 8,4 "Caldeira ENXOFRE" =>
put in prodvap at 8,2 "Vapor 6 bar" =>
put in prodvap at 8,3 "Vapor 18 bar" =>
get in vapsup at 44,2 mvdm width 12 numbers precision 2
get in vapsup at 44,3 mvaf width 12 numbers precision 2
get in vapsup at 44,4 mvsf width 12 numbers precision 2
get in prodvap at 44,2 mvéc width 12 numbers precision 2
get in prodvap at 44,3 mvi8c width 12 numbers precision 2
end screen
screen simular
put in simsup "Simular Cálculo ?" filled
put in siminf "<faça>" filled
put in simular at 7,1
menu
: NÃO: simula = "n"
: SIM: simula = "s"
end menu
if simula = "s"
do BMCSIM
end if
end screen
do BMCALC
put do clear screen
do BMCRELAT
impr = true
while impr
screen imprima
put in imprsup "Imprimir Relatório ?" filled
put in imprinf mode prompt "<faça>" filled
put in imprima at 18,3
menu
: SIM: impr = true
: NÃO: impr = false
end menu
if impr
put in imprinf column 13 mode error "... Imprimindo ..."
do BMCIMPR
end if
end screen
end while
put in totalinf column 3 "Mensagem : Cálculo efetuado para o período de ",\
inicial veil "___/___/___", " a ", final veil "___/___/___"
end if
end while
espera = false
end screen
end while

```


APENDICE B



PROGRAMA BAMACALC.TXT

CÁLCULOS

Enilson 23/09/92

put in total line 8 "... Processando ..." filled

```

a=0.0;b=0.0;c=0.0;a1=0.0;b1=0.0;c1=0.0;a2=0.0;b2=0.0;c2=0.0
a3=0.0;b3=0.0;c3=0.0;a4=0.0;b4=0.0;c4=0.0;A5=0.0;B5=0.0;C5=0.0;D=0.0
a6=0.0;b6=0.0;mvdF=0.0;madd=0.0;madd=0.0;mvd=0.0;mat=0.0;mao=0.0
mada=0.0;mpa=0.0;mvp=0.0;mcd=0.0;mvp1=0.0;madd=0.0;sadi=0.0;mvc1f=0.0
mvc1=0.0;mat1=0.0;mao1=0.0;mvc3f=0.0;mvc3=0.0;mat3=0.0;mao3=0.0
mdt=0.0;mr1=0.0;mr=0.0;mr1=0.0;mvp1=0.0;mvc1=0.0;mvc2=0.0;mvc3=0.0
mvt=0.0;mvc1=0.0;mvc1=0.0;mvc1=0.0;mvc1=0.0;mvc1=0.0;mvc1=0.0;mvc1=0.0
dif1=0.0;mvt1=0.0;mvc1=0.0

```

!Coeficientes do B.20!

```

a = (hcd-hd)/(hvp-hcd)
b = (had+0.0015*hr-1.0015*hcd)/(hvp-hcd)
c = qisol/(hvp-hcd)

```

!Coeficientes da Dedini!

```

mvdF = 0.9949*mvdM
a1 = sd-scd+(svp-scd)*a
b1 = 1.0015*scd+(svp-scd)*b
c1 = (svp-scd)*c
a2 = 0.98*(a1/sde)
b2 = (0.98*(sde-b1))/sde
c2 = 0.98*(c1/sde)

```

!Coeficientes da Asea!

```

a3 = cd-ccd+(cvp-ccd)*a
b3 = 1.0015*ccd+(cvp-ccd)*b
c3 = (cvp-ccd)*c
a4 = a3/cas
b4 = (cas-b3)/cas
c4 = c3/cas

```

!Massa de água desaerada B.20!

```

A5 = b2*b4
B5 = b4*mvdF+b2*mvaF+(b2*a4+a2*b4)*md+b2*c4+c2*b4
C5 = a2*a4*md*md+(a2*c4+c2*a4+a4*mvdF+a2*mvaF)*md+c2*c4
D = B5*B5-4*A5*C5
if D < 0
put in total at 10,6 "Número negativo . Não existe raiz !"
end if.
mad = (B5+SQRT(D))/(2*A5)

```

!Balanço de massa da Dedini!

```

madd = mvdF/(b2-a2*md/mad-c2/mad)
mvd = mvdF/0.98
mat = 0.015*mvd
mao = 0.005*mvd
mpd = madd-mvd

```

!Balanço de massa da Asea!

```

mada = mad-madd
mpa = mada-mvaF

```

!Balanço de massa da CBC 1!

```

a6 = (had1+0.0015*hr1-1.0015*hd1)/(1.0015*hvp1-had1-0.0015*hr1)
b6 = (1.0015*qisol1)/(1.0015*hvp1-had1-0.0015*hr1)

```



```

mvp1 = a6*md1+b6
madc1 = ((1+a6)*md1+b6)/1.0015
sadi = (sdi*md1+svp1*mvp1)/madc1
mvc1f = 0.98*madc1*(1-sadi/scc1)
mvc1 = mvc1f/0.98
mat1 = 0.015*mvc1
mao1 = 0.005*mvc1
mr1 = 0.0015*madc1
mpc1 = madc1-mvc1

```

```

!Balanço de massa da CBC 3!
mvc3f = 0.98*md2*(1-(sd/scc3))
mvc3 = mvc3f/0.98
mat3 = 0.015*mvc3
mao3 = 0.005*mvc3
mpc3 = md2-mvc3

```

```

!Balanço de massa B.20!
mvp = a*md+b*mad+c
mcd = (1.0015-b)*mad-(1+a)*md-c
mr = 0.0015*mad

```

```

!Balanço de massa Desmi!
mdt = md+md1+md2+md3+md4
mrl = mab-mdt

```

```

!Balanço de massa da Fábrica!
mvpt = mvp+mvp1
mv61 = mvc1f+mvc3f
mv62 = mv61-mvpt
mvi8t = mvd1+mva1
mvi8ti = mvi8t+mvsf
mvt1 = mv62+mvi8t
mvt = mvt1+mvsf
mvl = mvt-mcd
mvct = mv6c+mvi6c
dif = mvl-mvct
dif1 = (dif/mvl)*100

```

```

put in total column 3 " " width 20 filler " "

```

UNESP
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

APENDICE C



PROGRAMA BMCRELAT.TXT
MENU DE RELATÓRIOS
Enilson 23/09/92

```
sai = true
while sai

window relmenu = size 24 by 14 at 28,6 framed
window relsup   = top 2 in relmenu mode title framed
window relinf   = bottom 1 in relmenu mode prompt framed

screen relmenu
  put in relsup line 1 "Resultados" filled
  put in relsup line 2 "Menu de Escolha" filled
  put in relinf "<faça>" filled
  put in relmenu at 4,1
  menu vertical
    :DESMI: do BMCREL1
    :DESAERADOR_B20: do BMCREL2
    :DESAERADOR_B50: do BMCREL3
    :ASEA: do BMCREL4
    :DEDINI: do BMCREL5
    :CBC_1: do BMCREL6
    :CBC_3: do BMCREL7
    :FABRICA: do BMCREL8
    :SAIR: sai = false
  end menu
end screen
end while
```

127. NISPA 198002
128. NISPA 198003
129. NISPA 198004

APENDICE D

PROGRAMA BMCSIM.TXT
SIMULAÇÃO
Enilson 23/09/92

```
window desb20      = size 60 by 14 at 10,7 framed
window desb20sup   = top 5 in desb20 mode normal framed
window desb20sup1  = top 1 in desb20sup mode title framed
window desb20inf   = bottom 1 in desb20 mode prompt framed
window desb50      = size 60 by 13 at 10,7 framed
window desb50sup   = top 5 in desb50 mode normal framed
window desb50sup1  = top 1 in desb50sup mode title framed
window desb50inf   = bottom 1 in desb50 mode prompt framed
window cald        = size 60 by 12 at 10,7 framed
window caldsup     = top 5 in cald mode normal framed
window caldsup1    = top 1 in caldsup mode title framed
window caldinfn    = bottom 1 in cald mode prompt framed

screen desb20
  put in desb20sup1 "Desaerador 8.20" filled
  put in desb20inf "<faça>" filled
  put in desb20sup at 22,1 "Entalpia",tab 4 "Condutividade",tab 4 "Sílica"
  put in desb20sup at 4,2 "Descrição"
  put in desb20sup at 22,3 "Kcal/kg",tab 10 "uS",tab 11 "ppm"
  put in desb20 at 4,1 "Água Desmi"
  put in desb20 at 4,2 "Vapor"
  put in desb20 at 4,3 "Condensado"
  put in desb20 at 4,4 "Água Quente",tab 24 "--",tab 13 "--"
  put in desb20 at 4,5 "Respiro",tab 28 "--",tab 13 "--"
  put in desb20 at 4,6 "Perda de Calor",tab 18 "Kcal/h"
  get in desb20 at 23,1 hd numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 38,1 cd numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 51,1 sd numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 23,2 nvp numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 38,2 cvp numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 51,2 svp numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 23,3 hcd numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 38,3 ccd numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 51,3 scd numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 23,4 had numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 23,5 hr numbers width 6 precision 1
  get in desb20 at 23,6 qisol numbers width 6 precision 1

end screen

screen desb50
  put in desb50sup1 "Desaerador 8.50" filled
  put in desb50inf "<faça>" filled
  put in desb50sup at 22,1 "Entalpia",tab 4 "Condutividade",tab 4 "Sílica"
  put in desb50sup at 4,2 "Descrição"
  put in desb50sup at 22,3 "Kcal/kg",tab 10 "uS",tab 11 "ppm"
  put in desb50 at 4,1 "Água Desmi"
  put in desb50 at 4,2 "Vapor"
  put in desb50 at 4,3 "Água Quente",tab 24 "--",tab 13 "--"
  put in desb50 at 4,4 "Respiro",tab 28 "--",tab 13 "--"
  put in desb50 at 4,5 "Perda de Calor",tab 18 "Kcal/h"
  get in desb50 at 23,1 hdi numbers width 6 precision 1
  get in desb50 at 38,1 cdi numbers width 6 precision 1
  get in desb50 at 51,1 sdi numbers width 6 precision 1
  get in desb50 at 23,2 hvpi numbers width 6 precision 1
  get in desb50 at 38,2 cvpi numbers width 6 precision 1
  get in desb50 at 51,2 svpi numbers width 6 precision 1
  get in desb50 at 23,3 hdi numbers width 6 precision 1
  get in desb50 at 23,4 hri numbers width 6 precision 1
```



```

get in desb50 at 23,5 qisol1 numbers width 6 precision 1

end screen
screen cald
put in caldsup1 "Caldeiras" filled
put in caldinf "<faça>" filled
put in caldsup at 22,1 "Entalpia",tab 4 "Condutividade",tab 4 "Sílica"
put in caldsup at 4,2 "Descrição",tab 22 "Admissível",tab 4 "Admissível"
put in caldsup at 22,3 "Kcal/kg",tab 10 "uS",tab 11 "ppm"
put in cald at 4,1 "ASEA",tab 45 "-"
put in cald at 4,2 "DEDINI",tab 29 "-"
put in cald at 4,3 "CBC 1",tab 30 "-"
put in cald at 4,4 "CBC 3",tab 30 "-"
  get in cald at 23,1 has numbers width 6 precision 1
  get in cald at 38,1 cas numbers width 6 precision 1
  get in cald at 23,2 hde numbers width 6 precision 1
  get in cald at 51,2 sde numbers width 6 precision 1
  get in cald at 23,3 hci numbers width 6 precision 1
  get in cald at 51,3 ecc1 numbers width 6 precision 1
  get in cald at 23,4 hc3 numbers width 6 precision 1
  get in cald at 51,4 ecc3 numbers width 6 precision 1

end screen

```

APENDICE E



APENDICE E



PROGRAMA BMCREL1.TXT
RELATÓRIO DE APRESENTAÇÃO DESMI
Enilson 23/09/92

```

put do clear screen
x=true
window desmi1      = size 80 by 24 at 1,1 mode title framed
window desmi1sup   = top 1 in desmi1 mode title framed
window desmi1inf   = bottom 1 in desmi1 mode prompt framed
window ai          = size 15 by 2 at 33,5 mode normal framed
window desmi       = size 14 by 1 at 33,10 mode normal framed
window rl          = size 14 by 2 at 52,10 mode normal framed
window tot         = size 14 by 2 at 33,14 mode normal framed
window b201        = size 14 by 2 at 3,19 mode normal framed
window b501        = size 14 by 2 at 18,19 mode normal framed
window cbc3        = size 14 by 2 at 33,19 mode normal framed
window enx         = size 14 by 2 at 48,19 mode normal framed
window out         = size 14 by 2 at 63,19 mode normal framed

screen desmi1
  put in desmi1sup column 10 "Balanço de Massa da Desmi - Período : ",\
  inicial veil "___/___/___", " a ", final veil "___/___/___"
  if simula = "s"
  put in desmi1sup column 5 "Balanço de Massa da Desmi - Período : ",\
  inicial veil "___/___/___", " a ", final veil "___/___/___", " ( Simulação )"
  end if
  put in desmi1inf "<faça> para sair" filled
  put in desmi1 at 40,6 chr (25)
  put in desmi1 at 40,10 chr (25)
  put in desmi1 at 40,15 "X"
  put in desmi1 at 10,15 "___" width 30 filler "_"
  put in desmi1 at 41,15 "___" width 30 filler "_"
  put in desmi1 at 48,3 "___",chr (26)
  put in desmi1 at 70,15 "___"
  put in desmi1 at 25,15 "a"
  put in desmi1 at 55,15 "a"
  screen ai
  put in ai line 1 mode title "Água Industrial" filled
  put in ai line 2 mode normal mab grouping precision 0 filled
  screen desmi
  put in desmi mode title "Desmi" filled
  screen rl
  put in rl mode title "Retro-lavagem" filled
  put in rl line 2 mode normal mrl grouping precision 0 filled
  screen tot
  put in tot line 1 mode title "Total" filled
  put in tot line 2 mode normal mdt grouping precision 0 filled
  screen b201
  put in b201 line 1 mode title "B.20" filled
  put in b201 line 2 mode normal md grouping precision 0 filled
  screen b501
  put in b501 line 1 mode title "B.50" filled
  put in b501 line 2 mode normal md1 grouping precision 0 filled
  screen cbc3
  put in cbc3 line 1 mode title "CBC 3" filled
  put in CBC3 line 2 mode normal md2 grouping precision 0 filled
  screen enx
  put in enx line 1 mode title "ENXOFRE" filled
  put in enx line 2 mode normal md3 grouping precision 0 filled
  screen out
  put in out line 1 mode title "OUTROS" filled

```



put in out line 2 mode normal md4 grouping precision 0 filled

get x
end screen
end screen
end screen
end screen
end screen
end screen
end screen
end screen
end screen

APENDICE 7

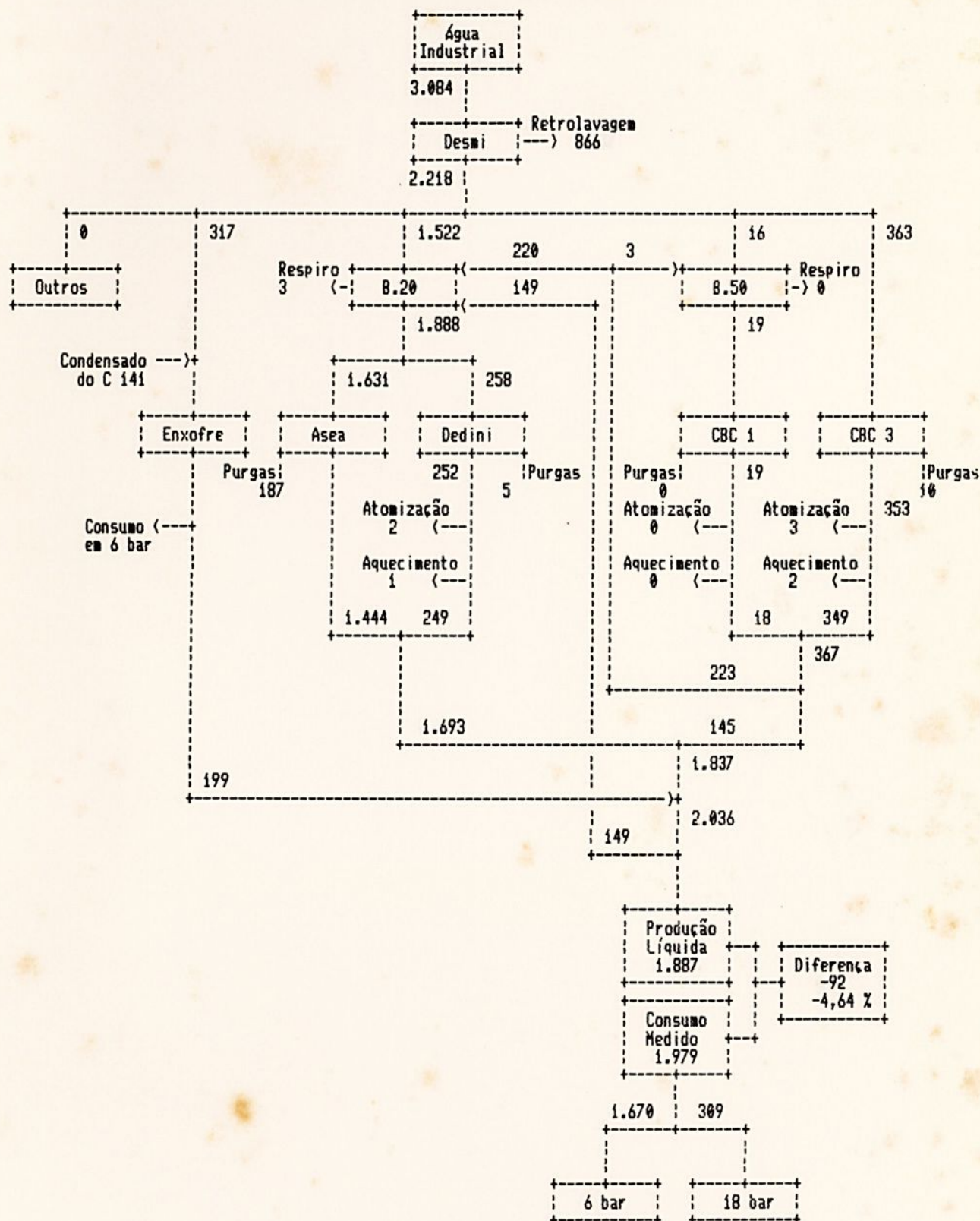


BALANÇO DE MASSA DAS CALDEIRAS

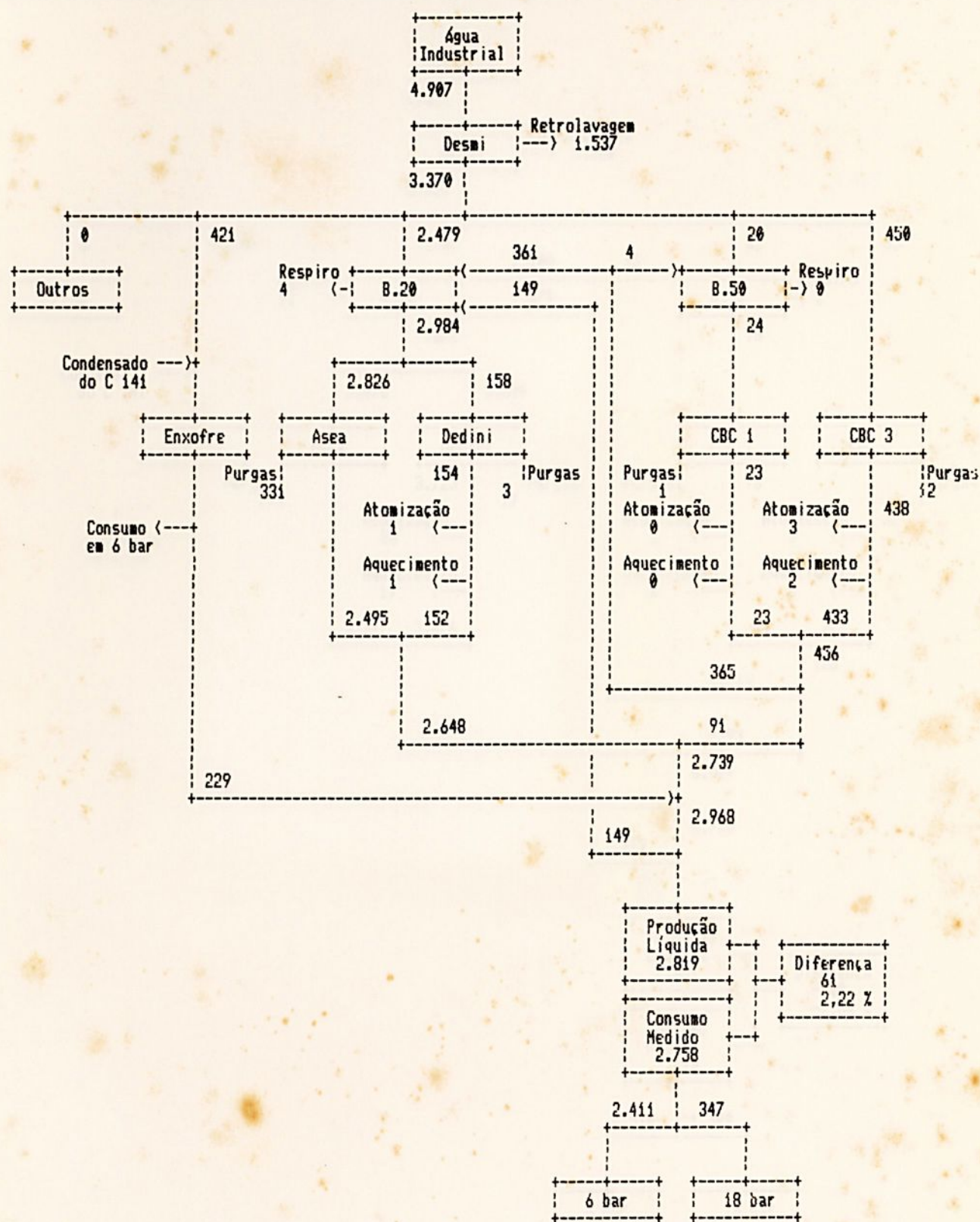
Período : 22/04/92 a 27/04/92



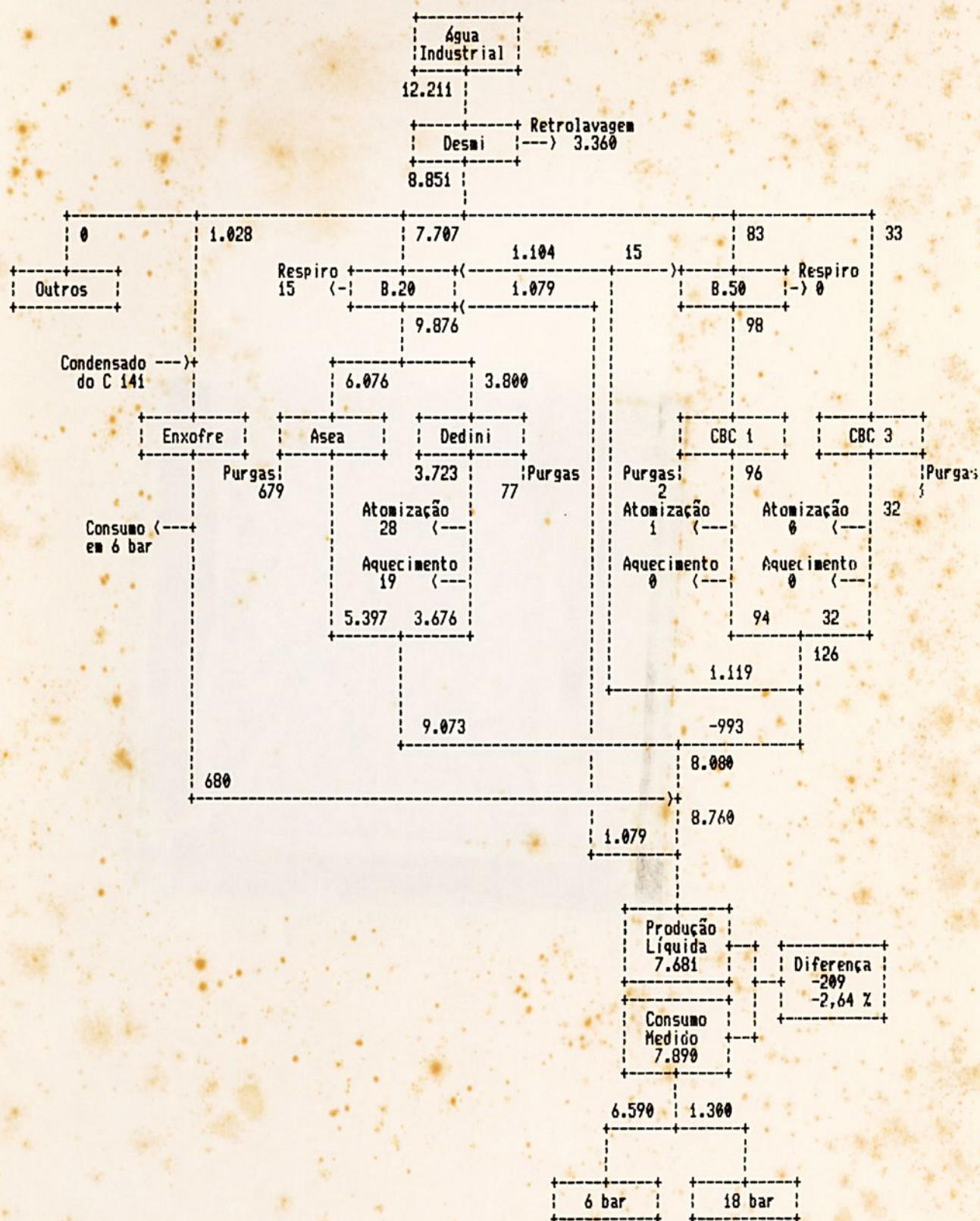
Unidade utilizada: Toneladas

BALANÇO DE MASSA DAS CALDEIRAS
Período : 22/04/92 a 27/04/92

Unidade utilizada => Tonelada

BALANÇO DE MASSA DAS CALDEIRAS
Período : 27/04/92 a 06/05/92

Unidade utilizada => Tonelada

BALANÇO DE MASSA DAS CALDEIRAS
Período : 25/11/92 a 16/12/92

Unidade utilizada => Tonelada

