

3644
1
2nd
Marques
D12
L
folha

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto Mecânico

OTIMIZAÇÃO DE UMA CENTRAL DE AR CONDICIONADO

Autor..... Maurício Marques Ricardo

Orientador - Prof. Adherbal Caminada Netto

1990

1977107

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600010673

AGRADECIMENTOS

=====

Gostaria de dedicar este trabalho a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este fosse executado da melhor maneira possível, sendo que sem eles, não teria chegado até onde cheguei.

Maurício Marques Ricardo

PREFÁCIO

O presente trabalho procurou atender às exigências das disciplinas PMC 580 (projeto mecânico I) e PMC 581 (projeto mecânico II) oferecidos no nono e décimo semestres respectivamente, no curso de graduação em Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Procurou-se considerar os pontos mais pertinentes para que pudesse ser otimizado o funcionamento da Central de Ar Condicionado da Estocagem (economia quanto a custo de operação e manutenção).

" Falta de tempo é a desculpa dos que
perdem tempo por falta de método. "

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	I
Prefácio.....	II
Resumo.....	V
Introdução.....	01
Reconhecimento do Sistema.....	02
Balanço Mássico.....	08
Levantamento da Carga Térmica.....	22
Balanço Térmico.....	36
Análise de Estabilidade e Capabilidade.....	40
Propostas.....	43
Bibliografia.....	51

RESUMO

Este trabalho consistiu na análise de uma Central de Ar Condicionado (CAC), que foi possível realizar no estágio realizado, em 1990, na RHODIA S.A..

Por ventura deste estudo, foram feitas medições de pressão, temperatura, umidade, etc, a fim de se determinar como o sistema estava operando e de que maneira seu funcionamento poderia ser alterado de modo a melhorar seu rendimento, se possível. Os resultados obtidos podem ser resumidos pela tabela abaixo:

energia consumida:	sem ventilador de retorno	com ventilador de retorno
água gelada (extremo verão)	412178 W	286663 W
vapor (extremo inverno)	157774 W	108323 W
motor do vent. retorno	-----	18500 W

Observa-se que o funcionamento do ventilador de retorno possibilita economias significativas, justificando assim o seu uso.

Introdução

Os principais objetivos deste trabalho aqui apresentado são:

- analisar a possibilidade de retorno de ar tratado à central de ar condicionado, garantindo pressão positiva no ambiente;
- verificar a possibilidade de economias potenciais (água gelada, vapor, redução da vazão).

O programa consiste em:

- reconhecimento do sistema;
- balanço real (mássico e térmico), com o levantamento da carga térmica;
- análise de estabilidade;
- análise de capacidade;
- propostas de melhoria.

A função principal deste estudo, visa a aproveitar a utilização de um ventilador de retorno, num ambiente relativamente controlado.

A estocagem aqui relatada é na verdade um local em que o fio nylon, após a fiação, deve ficar acondicionado durante um certo tempo para que suas moléculas sofram um pré direcionamento, antes que passem pelo processo de estiragem, em que as moléculas serão direcionadas de maneira uniforme. Nesta fase, a molécula do fio se torna mais afilada, permitindo assim que a estiragem se processe melhor, ocasionando uma melhor qualidade e um número menor de quebras do fio.

1. Reconhecimento do Sistema.

Nesta primeira parte foi feito o levantamento das tubulações para a escolha dos pontos de medições, necessários para a determinação das condições de operação do sistema (vazão, temperatura).

Tem-se, no anexo (1), um desenho diagramático da central de ar analisada com os principais componentes enumerados.

1-) Ventilador de Retorno:

Ventilador Bernauer, tipo VAM-112, axial.

vazão: _____ 50000 m³/h.

rotação: _____ 620 rpm.

pressão: _____ 70 mmCA.

força absorvida: _____ 20 HP.

Este ventilador é acionado por um motor elétrico GE, 25 CV, 3 fases - 60 Hz, com fator de serviço 1,0 e rotação de 1175rpm e carcaça 324T tipo K.

Atualmente este ventilador se encontra desligado, pois acredita-se que ao ligá-lo, ele causa uma depressão na estocagem, fazendo com que o ambiente a ser acondicionado receba ar contaminado. No anexo (2), tem-se a curva deste ventilador.

2-) Bateria de Vapor Imerso.

pressão de serviço: _____ 12Kgf/cm².
 pressão de prova: _____ 18Kgf/cm².
 superfície de aquecimento: _____ 11,5m².
 consumo de vapor: _____ 900Kg/h.
 i: _____ 13,1Kcal/Kg.

3-) Ramos de Pulverização.

Aqui é feita a pulverização da água gelada. Existem 2 ramos, sendo que cada um contém 322 pulverizadores.

4-) Sensor de Ponto de Orvalho.

Este sensor indica a temperatura antes do ventilador, atuando nas válvulas de controle, quando a temperatura está fora dos padrões, fazendo com que seja injetado mais vapor ou mais água gelada. Nesta fase o ar deve ter uma temperatura em torno de 14°C e umidade relativa de 95% a 100%.

5-) Ventilador de Insuflação.

Ventilador Bernauer, tipo VBR 100-1000 DSSC (dupla sucção, centrífugo)

vazão: _____ 90000m³/h.
 rotação: _____ 1216 rpm

Este ventilador é acionado por um motor elétrico WEG - 75 HP 175A, 4 polos, 3 fases - 60 Hz, 220-380V, carcaça 225S/M.

Atualmente este motor está trabalhando com 120A, ou seja, com 68,6% de sua capacidade. No anexo (3), é mostrado a curva relativa a este ventilador.

6-) Bateria Vapor-Duto.

pressão de serviço: _____ 12Kgf/cm².

pressão de prova: _____ 18Kgf/cm².

superfície de aquecimento: _____ 18m².

consumo de vapor: _____ 220Kg/h.

i: _____ 13,9Kcal/Kg.

7-) Bombas de Retorno D'água. (centrífugas)

KSB ETA 65-33/2, rotor $\varnothing$ 160 mm com vazão de 25m³/h

H = 30 mCA

Estas bombas são acionadas por motores elétricos Arno 6 HP tipo C-53, 1700rpm e fator de serviço 1,15.

8-) Bombas de Pulverização. (centrífugas)

KSB ETA 80-26, vazão de 70m³/h

H = 30 mCA

Estas bombas são acionadas por motores elétricos GE tipo K, carcaça 286U, de 15 HP 60Hz e fator de serviço 1,0.

Neste caso convém ressaltar, que os motores que acionam as bombas, atualmente trabalham com uma corrente superior a sua capacidade. A corrente nominal, para a tensão de 220V, é de 38,3A e os dois motores operam com:

Bomba 1: corrente (i) = 39A - 101,8%

Bomba 2: corrente (i) = 42A - 109,6%

Nos anexos (4) e (5), são mostrados os gráficos das bombas utilizadas tanto para o retorno d'água como para a pulverização.

9-) Filtro Via Úmida.

Filtro Bernauer, com redutor Transmotécnica (1:505), acionado por motor Arno 1/2 CV, 1110rpm.

O óleo utilizado neste filtro é o Lubrax TX 320, que apresenta as seguintes características:

densidade a 20/4°C_____0,8962 Kg/m³
ponto de fulgor_____274°C
ponto de fluidez_____ - 15°C
viscosidade a 37,8°C_____348,3 cst
viscosidade a 40°C_____302 cst
viscosidade a 98,9°C_____28,95 cst
viscosidade a 100°C_____28,0 cst
índice de viscosidade_____101

10-) Filtro Via Seca.

Há 2 filtros, sendo que cada um possui capacidade de 49600m³/h.

11-) Eliminador de Gotas.

Tem a função de eliminar as gotas do ar, antes da passagem pelo ventilador.

Observando o desenho esquemático da central, nota-se que a bateria de vapor imerso trabalha com a temperatura (a umidade é mantida a 100% ou próximo, devido aos pulverizadores), enquanto que a segunda bateria (de duto) somente altera a umidade relativa. Neste segundo caso a transformação caminha numa mesma linha horizontal (a umidade absoluta é mantida constante). Isto pode ser melhor observado com o diagrama psicrométrico, no anexo (6). Na saída do lavador o ar está com uma temperatura em torno de 14°C e umidade relativa em torno de 100%. Quando o ar passa pelo ventilador e depois pela bateria de duto, ele sofre um aquecimento que fará com que a temperatura suba até próximo de 20°C com umidade relativa de 70%. Pode ser observado que esta transformação se dá em linha reta.

O consumo calorífico da central é de 341000 Kcal/h, sendo que o ambiente em questão, a ser acondicionado, deve ser mantido a uma temperatura de 20°C +/- 1°C e umidade relativa de 70% +/- 2%.

Com relação ao ambiente a ser acondicionado, uma descrição detalhada será feita no momento em que se for calcular sua carga térmica.

Unidades Frigoríficas

Ao todo são 6 unidades frigoríficas encarregadas de fornecer água gelada, sendo que 4 funcionam com amônia e outras duas com freon 12. As unidades são as seguintes:

- duas unidades Sulzer AK-90 2B, que funcionam com compressor a pistão e motor elétrico GE de 150 CV a 885 rpm;
- duas unidades Sulzer AK-140 2B, que funcionam com compressor a pistão e motor elétrico GE de 400 CV a 709 rpm,
- duas unidades Sulzer tipo 216-1125U. Capacidade de refrigeração de 1300000 Kcal/h (unidade), sendo utilizado o freon 12, que funcionam com turbo compressor e motor elétrico GE de 600 CV a 3500 rpm.

No caso da amônia existe, conforme desenho no anexo (7), um tipo de instalação padrão, com a presença de 2 condensadores e 2 evaporadores em paralelo, e ainda a presença de um separador de líquido para evitar a presença de líquido no compressor.

Estas unidades frigoríficas fornecem água gelada para todo o complexo, onde existem várias unidades de ar condicionado.

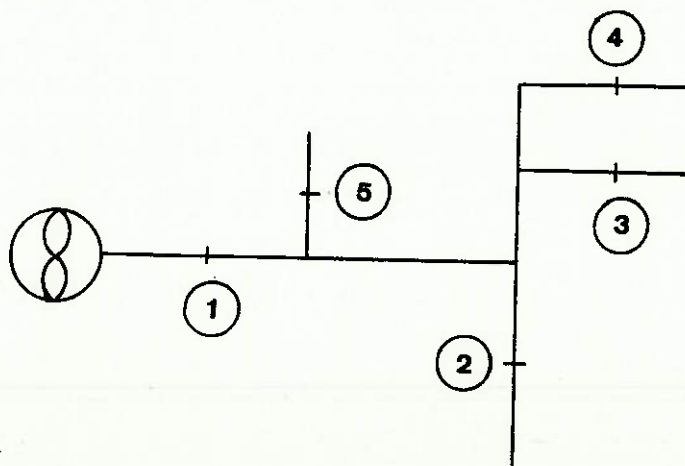
2. Balanço Mássico

Analisando o sistema, foi estabelecido os pontos onde seriam feitas as medições das vazões, de modo a se obter os melhores resultados possíveis.

Pela norma, referência (3), para a obtenção de bons perfis de velocidade, é necessário um comprimento mínimo. Para velocidades de 2500 FPM ou menos (12,7 m/s), a distância mínima é de 2,5 D, sendo que para cada 1000 FPM adicionais (5,1 m/s) deve-se adicionar o comprimento de 1 D. Como os dutos utilizados são retangulares, é preciso calcular o diâmetro equivalente (D_e).

$$D_e = \sqrt{(4 \cdot a \cdot b) / \pi}$$

De uma maneira geral, pode-se descrever o sistema de dutos da seguinte forma:



Embora este esquema esteja bem simplificado, é possível de se ter uma idéia.

Utilizando a vazão nominal do ventilador, obtem-se uma velocidade de cerca de 13 m/s aproximadamente. A seguir mostra-se as distâncias mínimas recomendadas e as distâncias utilizadas.

	distâncias:	(mínima)	(utilizada)
Secção 1			
$D_w = \sqrt{(4 \cdot 1,6 \cdot 1,2)/\pi}$	=	1,56m	5,5m
Secção 2			
$D_w = \sqrt{(4 \cdot 0,6 \cdot 1,4)/\pi}$	=	1,03m	3,6m
Secção 3			
$D_w = \sqrt{(4 \cdot 0,25 \cdot 0,53)/\pi}$	=	0,41m	1,4m
Secção 4			
$D_w = \sqrt{(4 \cdot 0,55 \cdot 0,53)/\pi}$	=	0,61m	2,1m
			4,5m

Embora no duto principal, onde foi medida a vazão total, não tenhamos a distância mínima, a distância utilizada representa 75% da distância mínima. Se for considerado ainda que a velocidade, com que foram feitos os cálculos preliminares, foi obtido a partir da vazão nominal e que este valor ainda está no limite de 12,7 m/s, recomendado pela norma, tem-se que a distância é suficiente para obtenção de resultados satisfatórios.

Outro fato a relatar é que na secção 5 não foi possível realizar medições, pois não há pontos satisfatórios para a colocação do Pitot. A vazão para esta secção foi obtida pela diferença entre a vazão total e as vazões restantes.

Para a realização das medições, dividiu-se a área dos dutos em várias áreas menores, a fim de se obter um número maior de pontos.

Secção 1: 1,2 . 1,6
pontos: 4 x 10 ==> total de 40 pontos
Secção 2 0,6 . 1,4
pontos: 4 x 7 ==> total de 28 pontos
Secção 3 0,25 . 0,53
pontos: 2 x 5 ==> total de 10 pontos
Secção 4 0,55 . 0,53
pontos: 5 x 5 ==> total de 25 pontos

No caso da secção 1, não foi possível realizar as medições nos 40 pontos, devido a limitações na localização do duto e comprimento do Pitot. O total de pontos nesta secção foi de 24, e o cálculo da vazão foi tomado pela média destes pontos extrapolado para 40.

A seguir é apresentado os resultados obtidos pelas medições, com os respectivos tratamentos matemáticos.

SECÇÃO 1

número de pontos de tomada = 40

número de pontos estudados = 24

área do duto = 1,92 m²

área individual da seção considerada = 0,048 m²

Data: 24/07/90

Pressão Dinâmica (mm de coluna d'água)

Pt.	A	B	C	D
1	4,0	6,0	8,0	7,0
2	4,0	7,0	9,0	9,0
3	5,0	7,0	9,0	9,0
4	6,0	7,0	9,0	9,0
5	5,0	8,0	10,0	9,0
6	6,0	8,0	9,0	9,0

$$TBS = 18,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h = 11,0 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU = 15,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi = 75\%$$

$$\rho = 1,134 \text{ Kg/m}^3$$

$$w = 10,7 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_t = 1,134 \cdot (1 + 10,7 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_t = 1,146 \text{ Kg/m}^3$$

Determinação da Velocidade

$$\Delta p = \rho V^2/2 \implies V = \sqrt{2/\rho \cdot \Delta p \cdot 10^5 / (10,33 \cdot 10^3)}$$

Velocidade (m/s)

Pt.	A	B	C	D
1	8,22	10,07	11,63	10,87
2	8,22	10,87	12,33	12,33
3	9,19	10,87	12,33	12,33
4	10,07	10,87	12,33	12,33
5	9,19	11,63	13,00	12,33
6	10,07	11,63	12,33	12,33

$$\dot{Q} = \sum A \cdot V = A \cdot \sum V = 0,048 \cdot 267,4 = 12,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

Área estudada = 1,152 m²

Área total = 1,92 m²

$\dot{Q}_e = 1,92/1,152 \cdot 12,84 = 21,4 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 77000 \text{ m}^3/\text{h}$

$\dot{m}_e = 24,5 \text{ Kg/s} \Rightarrow 88200 \text{ Kg/h}$

SECÇÃO 2

número de pontos de tomada = 28

número de pontos estudados = 28

área do duto = 0,84 m²

área individual da seção considerada = 0,03 m²

Data: 24/07/90

Pressão Dinâmica (mm de coluna d'água)

Pt:	A	B	C	D	E	F	G
1:	11,0	11,0	10,5	10,5	11,0	11,0	10,5
2:	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,5	11,0
3:	11,0	12,0	11,0	11,0	11,0	10,5	11,0
4:	11,0	12,0	12,0	11,0	11,0	11,0	9,0

TBS = 18,3 °C

h = 11,1 Kcal/Kg

TBU = 16,0 °C

$\phi = 80\%$

$\rho = 1,135 \text{ Kg/m}^3$

w = 11,1 · 10⁻³ Kg/Kg de ar seco

$\rho_e = 1,135 \cdot (1 + 11,1 \cdot 10^{-3})$

$\rho_e = 1,148 \text{ Kg/m}^3$

Determinação da Velocidade

$$\Delta P = \rho V^2/2 \Rightarrow V = \sqrt{2/\rho \cdot \Delta P \cdot 10^3 / (10,33 \cdot 10^3)}$$

Velocidade (m/s)

Pt	A	B	C	D	E	F	G
1	13,62	13,62	13,31	13,31	13,62	13,62	13,31
2	13,62	13,62	13,62	13,62	13,62	13,93	13,62
3	13,62	14,23	13,62	13,62	13,62	13,31	13,62
4	13,62	14,23	14,23	13,62	13,62	13,62	12,32

$$\dot{Q} = \sum A \cdot V = A \sum V = 0,03381,0 = 11,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Área estudada} = 0,84 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 0,84 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_e = 11,4 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 41000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m}_e = 13,1 \text{ Kg/s} \Rightarrow 47100 \text{ Kg/h}$$

SECÇÃO 3

número de pontos de tomada = 10

número de pontos estudados = 10

área do duto = 0,1325 m²

área individual da seção considerada = 0,01325 m²

Data: 24/07/90

Nesta secção, a realização das medições acusou vazão zero. Atualmente os clapets para esta ramificação estão fechados.

SECÇÃO 4

número de pontos de tomada = 25

número de pontos estudados = 25

área do duto = 0,2915 m²

área individual da seção considerada = $0,01166 \text{ m}^2$

Data: 24/07/90

Pressão Dinâmica (mm de coluna d'água)

Pt.	A	B	C	D	E
1	3,50	4,25	4,25	4,00	3,63
2	4,50	4,50	4,38	4,25	4,00
3	4,50	4,38	4,25	4,38	4,25
4	4,50	4,50	4,50	4,25	4,25
5	3,50	4,50	4,50	4,00	3,50

Obs: nesta tabela, convém ressaltar os números significativos das medições feitas, obtidos através da média de duas medições feitas no duto, na mesma ocasião.

$$TBS = 18,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h = 10,7 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU = 15,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi = 73,6\%$$

$$\rho = 1,135 \text{ Kg/m}^3$$

$$w = 10,4 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_t = 1,135 \cdot (1 + 10,4 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_t = 1,147 \text{ Kg/m}^3$$

Determinação da Velocidade

$$\Delta p = \rho v^2 / 2 \implies v = \sqrt{2 / \rho \cdot \Delta p \cdot 10^5 / (10,33 \cdot 10^3)}$$

Velocidade (m/s)

Pt.	A	B	C	D	E
1	7,69	8,47	8,47	8,22	7,82
2	8,72	8,72	8,59	8,47	8,22
3	8,72	8,59	8,47	8,59	8,47
4	8,72	8,72	8,72	8,47	8,47
5	7,69	8,72	8,72	8,22	7,69

$$\dot{Q} = \sum A \cdot V = A \cdot \sum V = 0,01166 \cdot 210,4 = 2,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Área estudada} = 0,2915 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 0,2915 \text{ m}^2$$

$$\dot{Q}_t = 2,45 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 8800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m}_t = 2,81 \text{ Kg/s} \Rightarrow 10100 \text{ Kg/h}$$

Observando o esquema anteriormente mostrado e tomando os valores das vazões, obtido nas secções, tem-se:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_{22} + \dot{m}_{23} + \dot{m}_4 + \dot{m}_{25} + \text{perdas}$$

$$\dot{m}_{25} + \text{perdas} = \dot{m}_1 - \dot{m}_{22} - \dot{m}_{23} - \dot{m}_4$$

$$\dot{m}_{25} + \text{perdas} = 88200 - 47100 - 0 - 10100 = 31000 \text{ Kg/h}$$

A vazão de 31000 Kg/h representa 35% do total, sendo que está englobado a parte perdida e a parte que é usada na secção 5, sendo que nesta secção o ar é usado para conforto. Estabelecendo perdas da ordem de 10%, obtem-se a vazão aproximada de $\dot{m}_{25} = 27900 \text{ Kg/h}$.

A fim de se adquirir mais segurança nos resultados, foi realizado posteriormente novas medições nas secções, mostradas a seguir.

SECÇÃO 1

Data: 07/08/90

$$\dot{Q} = 14,3 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 51500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m} = 16,4 \text{ Kg/s} \Rightarrow 59100 \text{ Kg/h}$$

Data: 05/09/90

$$\dot{Q} = 18,5 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 66600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m} = 21,2 \text{ Kg/s} \Rightarrow 76300 \text{ Kg/h}$$

Data: 17/09/90

$$\dot{Q} = 18,2 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 65500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m} = 20,9 \text{ Kg/s} \Rightarrow 75200 \text{ Kg/h}$$

Data: 18/09/90

$$\dot{Q} = 18,5 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 66700 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m} = 21,3 \text{ Kg/s} \Rightarrow 76600 \text{ Kg/h}$$

Analisando as vazões obtidas e levando-se em consideração a manutenção das medições, tomou-se como vazão média do ventilador o valor de $66000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Convém ressaltar que a vazão de $51000 \text{ m}^3/\text{h}$ foi desconsiderada, pois verificou-se que a coluna inclinada apresentava problemas de vedação, posteriormente solucionados.

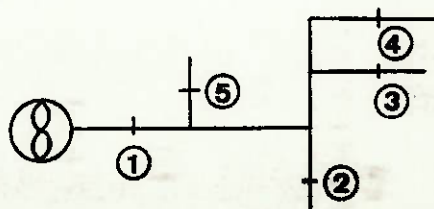
Com relação às outras secções, de certa maneira a porcentagem foi mantida. Tem-se assim:

$$\text{secção 1} \Rightarrow \dot{Q} = 66000 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{secção 2} \Rightarrow \dot{Q} = 35000 \text{ m}^3/\text{h}$$

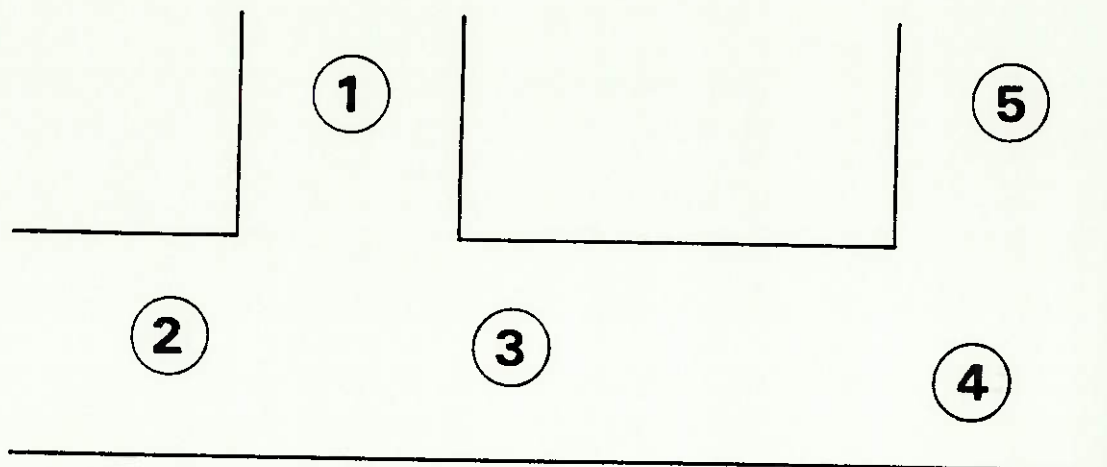
$$\text{secção 3} \Rightarrow \dot{Q} = 0$$

$$\text{secção 4} \Rightarrow \dot{Q} = 8500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{secção 5} \Rightarrow \dot{Q} = 20300 \text{ m}^3/\text{h}$$



A seguir, analisou-se a central de ar condicionado propriamente dita, com a determinação da quantidade de ar de retorno e demais secções.



Observando o esquema acima, é possível entender melhor o equacionamento. Este desenho é melhor apresentado no anexo (1).

Resultados da 1ª tomada (27/07/90)

PONTO 1

(Ar de Retorno)

$$TBS_1 = 22,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_1 = 12,4 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_1 = 17,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_1 = 63,9\%$$

$$\rho_1 = 1,118 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_1 = 11,6 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t1} = 1,118 \cdot (1 + 11,6 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t1} = 1,131 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 2

(Ar Externo)

$$TBS_{ex} = 16,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_{ex} = 11,1 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_{ex} = 16,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_{ex} = 94,2\%$$

$$\begin{aligned}\rho_{e2} &= 1,141 \text{ Kg/m}^3 & w_{e2} &= 11,8 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco} \\ \rho_{te2} &= 1,141 \cdot (1 + 11,8 \cdot 10^{-3}) \\ \rho_{te2} &= 1,154 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

PONTO 3

(Ar da Mistura)

$$\begin{aligned}\text{TBS}_3 &= 18,5 \text{ }^\circ\text{C} & h_3 &= 11,6 \text{ Kcal/Kg} \\ \text{TBU}_3 &= 16,6 \text{ }^\circ\text{C} & \phi_3 &= 83,6\% \\ \rho_3 &= 1,134 \text{ Kg/m}^3 & w_3 &= 11,8 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco} \\ \rho_{te3} &= 1,134 \cdot (1 + 11,8 \cdot 10^{-3}) \\ \rho_{te3} &= 1,147 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

PONTO 4

(Ar Tratado, antes do Ventilador e depois do Lavador)

$$\begin{aligned}\text{TBS}_4 &= 14,5 \text{ }^\circ\text{C} & h_4 &= 9,7 \text{ Kcal/Kg} \\ \text{TBU}_4 &= 13,8 \text{ }^\circ\text{C} & \phi_4 &= 95\% \\ \rho_4 &= 1,151 \text{ Kg/m}^3 & w_4 &= w_3 \text{ (não há adição de água)} \\ \rho_{te4} &= 1,151 \cdot (1 + 10,3 \cdot 10^{-3}) \\ \rho_{te4} &= 1,163 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

PONTO 5

(Ar tratado, depois da bateria de duto)

$$\begin{aligned}\text{TBS}_5 &= 18,2 \text{ }^\circ\text{C} & h_5 &= 10,6 \text{ Kcal/Kg} \\ \text{TBU}_5 &= 15,3 \text{ }^\circ\text{C} & \phi_5 &= 75\% \\ \rho_5 &= 1,136 \text{ Kg/m}^3 & w_5 &= 10,3 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco} \\ \rho_{te5} &= 1,136 \cdot (1 + 10,3 \cdot 10^{-3}) \\ \rho_{te5} &= 1,148 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

A vazão total, do ponto 5, é obtida da secção 1.

$$\dot{Q}_5 = 18,33 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 66000 \text{ m}^3/\text{h} (\text{calculado anteriormente})$$

$$\dot{m}_5 = 21,04 \text{ Kg/s} \Rightarrow 75700 \text{ Kg/h}$$

$$\dot{m}_3 \cdot w_3 = \dot{m}_4 \cdot w_4 = \dot{m}_5 \cdot w_5$$

$$21,04 \cdot 10,3 \cdot 10^{-3} = \dot{m}_3 \cdot 11,8 \cdot 10^{-3}$$

$$\dot{m}_3 = 18,4 \text{ Kg/s}$$

Considerando volume de controle entre (1), (2) e (3) tem-se:

$$1^a \text{ lei} \Rightarrow \dot{m}_1 \cdot h_1 + \dot{m}_2 \cdot h_2 = \dot{m}_3 \cdot h_3$$

$$\text{conservação da massa} \Rightarrow \dot{m}_1 \cdot w_1 + \dot{m}_2 \cdot w_2 = \dot{m}_3 \cdot w_3$$

$$12,4 \cdot \dot{m}_1 + 11,1 \cdot \dot{m}_2 = 18,4 \cdot 11,6 = 213$$

$$11,6 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{m}_1 + 11,8 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{m}_2 = 18,4 \cdot 11,8 \cdot 10^{-3} = 217$$

$$\dot{m}_1 = (213 - 11,1 \cdot \dot{m}_2) / 12,4$$

$$(213 - 11,1 \cdot \dot{m}_2) / 12,4 \cdot 11,6 + 11,8 \cdot \dot{m}_2 = 217$$

$$199 - 10,4 \cdot \dot{m}_2 + 11,8 \cdot \dot{m}_2 = 217$$

$$1,4 \cdot \dot{m}_2 = 18$$

$$\dot{m}_2 = 12,9 \text{ Kg/s} \Rightarrow \dot{m}_1 = 5,63 \text{ Kg/s}$$

$$\dot{Q}_2 = 11,2 \text{ m}^3/\text{s} \quad \dot{Q}_1 = 4,98 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(40300 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$(17900 \text{ m}^3/\text{h})$$

Resultados da 2ª tomada (20/08/90)

PONTO 1

(Ar de Retorno)

$$TBS_1 = 24,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_1 = 14,6 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_1 = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi_1 = 70\%$$

$$\rho_1 = 1,109 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_1 = 14,4 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t1} = 1,109 \cdot (1 + 14,4 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t1} = 1,125 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 2

(Ar Externo)

$$TBS_2 = 25,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_2 = 14,1 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_2 = 19,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi_2 = 60\%$$

$$\rho_2 = 1,107 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_2 = 13,1 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t2} = 1,107 \cdot (1 + 13,1 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t2} = 1,122 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 3

(Ar da Mistura)

$$TBS_3 = 24,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_3 = 14,2 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_3 = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi_3 = 65\%$$

$$\rho_3 = 1,109 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_3 = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t3} = 1,109 \cdot (1 + 13,6 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t3} = 1,124 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 4

(Ar Tratado, antes do Ventilador e depois do Lavador)

$$TBS_4 = 18,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_4 = 13 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_4 = 18,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi_4 = 100\%$$

$$\rho_4 = 1,132 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_4 = w_3 \text{ (não há adição de água)}$$

$$\rho_{t4} = 1,132 \cdot (1 + 14,1 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t4} = 1,148 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 5

(Ar tratado, depois da bateria de duto)

$$TBS_{\text{w}} = 23,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad h_{\text{w}} = 14,1 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_{\text{w}} = 19,8 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \phi_{\text{w}} = 75\%$$

$$\rho_{\text{w}} = 1,115 \text{ Kg/m}^3 \quad w_{\text{w}} = 14,1 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{\text{ts}} = 1,115 \cdot (1 + 14,1 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{\text{tw}} = 1,131 \text{ Kg/m}^3$$

A vazão total é:

$$\dot{Q}_{\text{w}} = 18,33 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 66000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m}_{\text{w}} = 20,73 \text{ Kg/s} \Rightarrow 74600 \text{ Kg/h}$$

$$\dot{m}_{\text{g}} \cdot w_{\text{g}} = \dot{m}_{\text{a}} \cdot w_{\text{a}} = \dot{m}_{\text{w}} \cdot w_{\text{w}}$$

$$20,73 \cdot 14,1 \cdot 10^{-3} = \dot{m}_{\text{g}} \cdot 13,6 \cdot 10^{-3}$$

$$\dot{m}_{\text{g}} = 21,5 \text{ Kg/s}$$

Considerando volume de controle entre (1), (2) e (3)
tem-se:

$$1^{\text{a}} \text{ lei} \Rightarrow \dot{m}_1 \cdot h_1 + \dot{m}_2 \cdot h_2 = \dot{m}_3 \cdot h_3$$

$$\text{conservação da massa} \Rightarrow \dot{m}_1 \cdot w_1 + \dot{m}_2 \cdot w_2 = \dot{m}_3 \cdot w_3$$

$$14,6 \cdot \dot{m}_1 + 14,1 \cdot \dot{m}_2 = 21,5 \cdot 14,2 = 305$$

$$14,4 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{m}_1 + 13,1 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{m}_2 = 21,5 \cdot 13,6 \cdot 10^{-3} = 292$$

$$\dot{m}_1 = (292 - 14,1 \cdot \dot{m}_2) / 14,6$$

$$(292 - 14,1 \cdot \dot{m}_2) / 14,6 \cdot 14,4 + 13,1 \cdot \dot{m}_2 = 292$$

$$301 - 13,9 \cdot \dot{m}_2 + 13,1 \cdot \dot{m}_2 = 292$$

$$0,8 \cdot \dot{m}_2 = 9$$

$$\dot{m}_2 = 11,3 \text{ Kg/s} \Rightarrow \dot{m}_1 = 9,98 \text{ Kg/s}$$

$$\dot{Q}_2 = 10,1 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (36360 m}^3/\text{h)} \quad \dot{Q}_1 = 8,87 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (31900 m}^3/\text{h)}$$

3. Levantamento da Carga Térmica

O ambiente a ser acondicionado possui um volume de aproximadamente 7940 m³. Suas dimensões, assim como sua planta podem ser observadas no anexo (8).

Além disso, o ambiente possui:

186 lâmpadas fluorescentes de 40 W

46 lâmpadas fluorescentes de 110 W

Presença de duas pessoas durante 24 horas

Presença de duas pessoas durante 8 horas.

Presença de aproximadamente 80 t de fio. Esta quantidade foi estimada como a produção máxima durante 24 horas, tomando-se os diferentes fios que são fabricados e as respectivas máquinas.

Motores elétricos, no total de 11, listados a seguir:

- 1 motor CA - 0,75 Hp;
- 4 motores CC - 1 Hp;
- 5 motores AC - 0,5 Hp;
- 1 motor AC - 2 Hp

Portas, que serão definidas quando for feito o cálculo da carga térmica, assim como as janelas.

O material das paredes é a alvenaria, com reboco liso

Para efeito de cálculo, foram feitas duas tomadas de temperatura nos locais pertinentes para o cálculo. Estas medições se encontram mostradas a seguir:

Estocagem (temperatura °C)

Pt	A	B	C	D	E	Tduto
TBS1	22,4	20,9	22,4	21,6	21,6	20,4
TBU1	17,8	17,0	17,5	17,0	16,9	16,9
TBS2	22,8	21,4	22,3	21,2	21,6	20,3
TBU2	18,0	17,2	17,4	16,9	17,0	16,8

Estiragem (temperatura °C)

Pt	F	G	H	I	J
TBS1	24,2	27,1	24,5	31,0	26,2
TBU1	19,1	21,0	19,4	23,3	21,9
TBS2	26,2	28,6	25,6	30,6	27,7
TBU2	20,8	22,0	20,4	23,2	23,4

Fiação (temperatura °C)

Pt	K	L	Text.	Tman	Tesc	Tland
TBS1	26,0	27,8	29,6	25,6	26,0	24,8
TBU1	19,8	20,0	16,8	17,0	17,3	17,0
TBS2	25,6	27,3	24,2	22,9	23,5	22,2
TBU2	20,4	20,9	19,2	18,2	18,6	18,2

Convém ressaltar que na ocasião do cálculo serão consideradas somente algumas temperaturas, pois o ambiente é grande e não há homogeneidade; assim, na ocasião do cálculo de determinada parede, serão mencionadas quais temperaturas foram usadas para o cálculo da temperatura média. Para entender melhor a definição dos locais, convém observar o desenho no anexo (8).

PORTAS

O material das portas é basicamente de 3 tipos:

madeira $\Rightarrow 1/k = 8,66 \text{ m.K/W}$

plástico $\Rightarrow 1/k = 7,69 \text{ m.K/W}$

metal $\Rightarrow 1/k = 32 \text{ m.K/W}$

No caso das portas de madeira e metal, a espessura é de 35 mm (0,035 m) e para as portas de plástico é de 8 mm (0,008 m).

Muitas das portas são duplas, com antecâmara, todavia para efeito de cálculo estão sendo considerados portas simples.

Além dos coeficientes dos materiais das portas, levamos em conta a resistência térmica da película de ar, cujo valor é $0,120 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

Cálculo das Resistências Totais

Porta de Madeira

película de ar interno: $0,120 \text{ m}^2.\text{K/W}$

$1/k (8,66 \cdot 0,035) : 0,303 \text{ m}^2.\text{K/W}$

película de ar externo: $0,120 \text{ m}^2.\text{K/W}$

resistência total : $0,543 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Porta de Metal

película de ar interno: $0,120 \text{ m}^2.\text{K/W}$

$1/k (32 \cdot 0,035) : 1,120 \text{ m}^2.\text{K/W}$

película de ar externo: $0,120 \text{ m}^2.\text{K/W}$

resistência total 1,360 m².K/W

Porta de Plástico

película de ar interno: 0,120 m².K/W

1 1/k (7,69 0,008) 0,062 m².K/W

película de ar externo: 0,120 m².K/W

resistência total 0,302 m².K/W

JANELAS

No caso das janelas, o tipo de vidro é de folha simples e conforme tabela.

$$U = 6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Este valor já inclui as resistências superficiais do ar em ambos os lados.

3.1. Carga de Penetração

PAREDES

O calor trocado entre 2 fluidos através de uma parede intermediária é:

$$Q = A.U.(t_{\infty} - t_i) \text{ Kcal/h.}$$

A : área em m²

U : coeficiente global de transmissão de calor.

$t_{\infty} - t_i$: diferença de temperatura entre o exterior e o interior.

onde:

$$1/U = 1/h_{\infty} + \Delta x_k/k_k + 1/h_{\infty}$$

$U = 1/R$, onde R : resistência térmica

h_{∞} coeficiente de película externo

$h_{\infty} = 33,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ supondo velocidade do vento de $24,1 \text{ Km/h}$ e reboco liso.

h_i coeficiente de película interno

$h_i = 8,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ supondo ar calmo e reboco liso.

Δx_k espessura da camada em m.

k_k condutibilidade térmica em $\text{W/m } ^\circ\text{C}$

Parede Fiação/Estocagem

$$\text{Área} = 54,73 \cdot 5,55 + 25 \cdot 5,55 = 442,5 \text{ m}^2$$

$$e = A_1:0,545 \text{ m} / A_2:0,250 \text{ m}$$

Material: alvenaria

$$h_{\infty} = 8,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_i = 8,4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$1/k = 1,39 \text{ m } ^\circ\text{C/W (parede)}$$

$$\text{portas} = 4$$

$$\text{metal} = 1 \Rightarrow \text{área} = 2,14 \cdot 0,92 = 1,97 \text{ m}^2$$

$$\text{plástico} = 2 \Rightarrow \text{área} = 2,97 \cdot 1,53 + 2,97 \cdot 2 = 10,5 \text{ m}^2$$

$$\text{madeira} = 1 \Rightarrow \text{área} = 2,04 \cdot 0,82 = 1,67 \text{ m}^2$$

O cálculo das resistências térmicas é feito como mostrado anteriormente, portanto será indicado apenas os resultados destas resistências, assim como as resistências das portas.

$$Q = \sum (A/R) \Delta t$$

$$A_{\text{ext}} = 303,8 - (1,97 + 10,5 + 1,67) = 289,7 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{ext}} = 0,996 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$A_{\text{int}} = 138,8 \text{ m}^2 \quad (R_{\text{int}} = 0,586 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W})$$

$$Q = (138,8/0,586 + 289,7/0,996 + 1,97/1,36 + 10,5/0,302 + 1,67/0,543) \Delta t$$

$$Q = 567 \Delta t \quad \text{onde } t_{\text{ext}} = \text{média (K e L)}$$

$$t_{\text{int}} = \text{média (A e B)}$$

$$t_{\text{ext}} = \text{projeto (20°C)}$$

$$\text{medida 1 (26,9-21,7)} \Rightarrow Q = 2948,4 \text{ W (Q}_{\text{projeto}} = 3912,3 \text{ W)}$$

$$\text{medida 2 (26,5-22,1)} \Rightarrow Q = 2494,8 \text{ W (Q}_{\text{projeto}} = 3685,5 \text{ W)}$$

Parede Manutenção/Estocagem

$$\text{Área} = 3,65 \cdot 21 + 7 \cdot 5,55 + 7 \cdot 3,65 = 141,1 \text{ m}^2$$

$$e = A_{\text{ext}}: 0,13 \text{ m} / A_{\text{int}}: 0,25 \text{ m} / A_{\text{port}}: 0,25 \text{ m}$$

Material: alvenaria

$$h_{\text{ext}} = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$h_{\text{int}} = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$1/k = 1,39 \text{ m} \cdot \text{K/W (parede)}$$

$$\text{portas} = 1$$

$$\text{metal} = 1 \Rightarrow \text{área} = 2,18 \cdot 0,92 = 2,01 \text{ m}^2$$

$$\text{janelas} = 2 \Rightarrow \text{área} = 2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 = 3,84 \text{ m}^2$$

$$Q = \sum (A/R) \Delta t$$

$$A_{\text{ext}} = 76,7 - (2,01 + 3,84) = 70,9 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{ext}} = 0,419 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$A_{\text{int}} = 38,9 \text{ m}^2 \quad (R_{\text{int}} = 0,586 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W})$$

$$A_{\text{port}} = 25,6 \text{ m}^2 \quad (R_{\text{port}} = 0,586 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W})$$

$$Q = (70,9/0,419 + 38,9/0,586 + 25,6/0,586 + 6.3,84 + 2,01/1,36) \Delta t$$

$$Q = 303,8 \Delta t \quad \text{onde } t_w : (T_{\text{max}}.)$$

$$t_i : \text{média (B, C e D)}$$

$$t_e : \text{projeto (20°C)}$$

$$\text{medida 1 (25,6-21,6)} \Rightarrow Q = 1215,2 \text{ W (Q}_{\text{projeto}} = 1701,3 \text{ W)}$$

$$\text{medida 2 (22,9-21,6)} \Rightarrow Q = 394,9 \text{ W (Q}_{\text{projeto}} = 881,0 \text{ W)}$$

Parede Externa/Estocagem

$$\text{Área} \quad 24,6 \cdot 3,65 + 13 \cdot 3,65 = 137,2 \text{ m}^2$$

$$e \quad A_1: 0,25 \text{ m} \quad / \quad A_{\text{ext}}: 0,15 \text{ m}$$

Material: alvenaria

$$h_w \quad : \quad 33,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h_i \quad : \quad 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$1/k \quad : \quad 1,39 \text{ m} \cdot \text{K/W (parede)}$$

$$\text{portas} \quad : \quad 1$$

$$\text{madeira} \quad = 1 \Rightarrow \text{área} = 2,97 \cdot 2 = 5,94 \text{ m}^2$$

$$Q = \sum (A/R) \Delta t$$

$$A_1 \quad = 89,8 \text{ m}^2 \quad (R_1 = 0,496 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W})$$

$$A_{\text{ext}} = 47,5 - 5,94 = 41,6 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{ext}} = 0,357 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$Q = (89,8/0,496 + 41,6/0,357 + 5,94/0,543) \Delta t$$

$$Q = 308,5 \Delta t \quad \text{onde } t_w : (T_{\text{ext}}.)$$

$$t_i : \text{média (D e E)}$$

$$t_e : \text{projeto (20°C)}$$

medida 1 (29,6-21,6) $\Rightarrow Q = 2468,0 \text{ W}$ ($Q_{\text{pared}} = 2961,6 \text{ W}$)

medida 2 (24,2-21,4) $\Rightarrow Q = 863,8 \text{ W}$ ($Q_{\text{pared}} = 1295,7 \text{ W}$)

Parede Estiragem Sul/Estocagem

Área $24,6 \cdot 3,65 = 89,8 \text{ m}^2$

e $A: 0,26 \text{ m}$

Material: alvenaria

$h_{\infty} 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$h_{\text{a}} 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$1/k 1,39 \text{ m K/W}$ (parede)

portas 1

plástico = 1 $\Rightarrow$ área = $3,01 \cdot 2 = 6,02 \text{ m}^2$

$$Q = \sum (A/R) \Delta t$$

$$A = 89,8 - 6,02 = 83,8 \text{ m}^2$$

$$R = 0,599 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$Q = (83,8/0,599 + 6,02/0,302) \Delta t$$

$$Q = 159,8 \Delta t \quad \text{onde } t_{\infty} : \text{média (F e G)}$$

$$t_{\text{a}} : \text{média (D e E)}$$

$$t_{\text{a}} : \text{projeto } (20^\circ\text{C})$$

medida 1 (25,7-21,6) $\Rightarrow Q = 655,2 \text{ W}$ ($Q_{\text{pared}} = 910,9 \text{ W}$)

medida 2 (27,4-21,4) $\Rightarrow Q = 958,8 \text{ W}$ ($Q_{\text{pared}} = 1182,5 \text{ W}$)

Parede Lambreta/Estocagem

Área $21 \cdot 6,55 + 7 \cdot 6,55 = 183,4 \text{ m}^2$

e $A_{\text{a}}: 0,245 \text{ m} / A_{\text{m}}: 0,245 \text{ m}$

Material: alvenaria

$h_{\infty} 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$$h_i = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$1/k = 1,39 \text{ m K/W (parede)}$$

$$\text{portas} = 1$$

$$\text{plástico} = 1 \Rightarrow \text{área} = 2,12 \cdot 2 = 4,24 \text{ m}^2$$

$$Q = \sum (A/R) \cdot \Delta t$$

$$A_{\text{te}} = 137,6 - 4,24 = 133,4 \text{ m}^2$$

$$R_i = 0,579 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$A_{\text{az}} = 38,9 \text{ m}^2 \quad (R_i = 0,579 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W})$$

$$Q = (133,4/0,579 + 38,9/0,579 + 4,24/0,302) \cdot \Delta t$$

$$Q = 311,6 \cdot \Delta t \quad \text{onde } t_{\infty} : (H)$$

$$t_i : (C)$$

$$t_i : \text{projeto } (20^\circ\text{C})$$

$$\text{medida 1 } (24,5-22,4) \Rightarrow Q = 654,4 \text{ W } (Q_{\text{projeto}} = 1402,2 \text{ W})$$

$$\text{medida 2 } (25,6-22,3) \Rightarrow Q = 1028,3 \text{ W } (Q_{\text{projeto}} = 1745,0 \text{ W})$$

Parede Estiragem Norte/Estocagem

$$\text{Área} = 79,73 \cdot 2,1 + 79,73 \cdot 3,45 = 442,5 \text{ m}^2$$

$$e : A_i \quad A_{\text{az}}$$

$$A_i : 0,312 \text{ m} + 0,05 \text{ m de compensado de papelão}$$

$$A_{\text{az}} : 0,312 \text{ m} + 0,075 \text{ m de compensado de papelão}$$

Material: alvenaria

$$h_{\infty} = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h_i = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$1/k : 1,39 \text{ m K/W (parede)}$$

$$1/k : 21,5 \text{ m K/W (papelão)}$$

portas : 3

plástico = 2 ==> área = 3,01 . 1,96 + 3,01 . 2 = 11,9 m²

madeira = 1 ==> área = 2,16 . 2,04 = 4,41 m²

janelas : 5 ==> área = 5 . 2,46 . 1,19 = 14,6 m²

$$Q = \sum (A/R) \cdot \Delta t$$

$$A_{i,t} = 167,4 - (11,9 + 4,41 + 14,6) = 136,5 \text{ m}^2$$

$$R_i = 1,75 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$A_{e,t} = 275,1 \text{ m}^2 \quad (R_{e,t} = 2,28 \text{ m}^2 \text{ K/W})$$

$$Q = (136,5/1,75 + 275,1/2,28 + 11,9/0,302 + 4,41/0,543 + 5 \cdot 14,6) \cdot \Delta t$$

$$Q = 333,8 \cdot \Delta t \quad \text{onde } t_w = \text{média (I e J)}$$

$$t_i = \text{média (A e B)}$$

$$t_i = \text{projeto (20°C)}$$

$$\text{medida 1 (28,6-21,7) ==> } Q = 2303,2 \text{ W (Q}_{\text{projeto}} = 2870,7 \text{ W)}$$

$$\text{medida 2 (29,2-22,1) ==> } Q = 2370,0 \text{ W (Q}_{\text{projeto}} = 3071,0 \text{ W)}$$

Parede Escritório/Estocagem

$$\text{Área} = 15 \cdot 5,55 = 83,3 \text{ m}^2$$

$$e = 0,17 \text{ m}$$

Material: alvenaria

$$h_w = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$h_i = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$1/k = 1,39 \text{ m}^2 \text{ K/W (parede)}$$

portas : 1

$$\text{madeira} = 1 ==> \text{área} = 2,1 \cdot 0,7 = 1,47 \text{ m}^2$$

$$Q = \sum (A/R) \Delta t$$

$$A = 93,3 - 1,47 = 81,8 \text{ m}^2$$

$$R = 0,474 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$Q = (81,8/0,474 + 1,47/0,543) \Delta t$$

$$Q = 175,3 \Delta t \quad \text{onde } t_{\infty} = (T_{\text{ext}})$$

$$t_{\text{int}} = (A)$$

$$t_{\text{int}} = \text{projeto } (20^{\circ}\text{C})$$

$$\text{medida 1 } (26,0-22,4) \Rightarrow Q = 631,1 \text{ W } (Q_{\text{proj}} = 1051,8 \text{ W})$$

$$\text{medida 2 } (23,5-22,8) \Rightarrow Q = 122,7 \text{ W } (Q_{\text{proj}} = 613,6 \text{ W})$$

Teto/Estocagem

$$\text{Área} = 21 \cdot 13 + 15 \cdot 79,73 + 24,6 \cdot 13 = 1788,8 \text{ m}^2$$

$$e = 0,150 \text{ m}$$

Material: alvenaria

$$h_{\infty} = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$h_{\text{int}} = 8,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$1/k = 1,39 \text{ m} \cdot \text{K/W (parede)}$$

$$Q = \sum (A/R) \Delta t$$

$$A = 1788,8 \text{ m}^2 \quad (R = 0,447 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W})$$

$$Q = 1788,8/0,447 \Delta t$$

$$Q = 4001,8 \Delta t \quad \text{onde } t_{\infty} = (T_{\text{int}})$$

$$t_{\text{int}} = \text{média (A,B,C,D e E)}$$

$$t_{\text{int}} = \text{projeto } (20^{\circ}\text{C})$$

$$\text{medida 1 } (24,8-21,8) \Rightarrow Q = 12005 \text{ W } (Q_{\text{proj}} = 19208,6 \text{ W})$$

$$\text{medida 2 } (22,2-21,9) \Rightarrow Q = 1200 \text{ W } (Q_{\text{proj}} = 8804,0 \text{ W})$$

Somando-se as cargas térmicas de cada divisão, obtém-se a carga térmica total, devido à penetração.

$$\text{medida 1} \Rightarrow Q_t = 22880,5 \text{ W} \quad (Q_{t_{\text{pared}}} = 34019,4 \text{ W})$$

$$\text{medida 2} \Rightarrow Q_t = 9433,8 \text{ W} \quad (Q_{t_{\text{pared}}} = 21278,3 \text{ W})$$

3.2. Carga de Insolação

A parede tem uma área de $3,65 \cdot 24,6 = 89,8 \text{ m}^2$, espessura de $0,25 \text{ m}$, sendo que se localiza na face SW com superfície branca. Conforme tabela, obtém-se que $t = 4,5^\circ\text{C}$

$$Q_i = U \cdot A \cdot \Delta t$$

$$U = k/l, \text{ onde } l: \text{ espessura}$$

$$k: \text{ condutibilidade}$$

$$Q_i = 1/(1,39 \cdot 0,25) \cdot 89,8 \cdot 4,5$$

$$Q_i = 1162,9 \text{ W}$$

3.3. Carga Térmica devido as pessoas

Conforme NB-10, para trabalho leve em fábricas a uma temperatura (TBS) de 21°C , ocorre o desprendimento de 202 Kcal/h por homem adulto, sendo que o calor sensível vale 98 Kcal/h e o calor latente vale 104 Kcal/h . Como mencionado anteriormente, existe:

duas pessoas durante 24 horas

duas pessoas durante 10 horas

$$Q_m = 10 \cdot 2 \cdot 98 + 24 \cdot 2 \cdot 98 = 6664 \text{ Kcal/dia}$$

$$Q_l = 10 \cdot 2 \cdot 104 + 24 \cdot 2 \cdot 104 = 7072 \text{ Kcal/dia}$$

$$Q_{\text{t}} = 6664 + 7072 = 13736 \text{ Kcal/dia} = 665,6 \text{ W}$$

3.4 Carga introduzida pela Iluminação

Conforme descrição anterior, há 186 lâmpadas de 40 W e 46 de 110 W, sendo que destas 46 somente 10 ficam 24 horas ligadas.

$$Q_{\text{el}} = W \cdot 0,860$$

$$Q_{\text{el}} = 24 \cdot 186 \cdot 40 \cdot 0,86 + 24 \cdot 10 \cdot 110 \cdot 0,86 + 10 \cdot 36 \cdot 110 \cdot 0,86$$

$$Q_{\text{el}} = 153561,6 + 22704 + 34056 = 210321,6 \text{ Kcal/dia}$$

$$Q_{\text{el}} = 10191,8 \text{ W}$$

Deve-se levar em conta que a iluminação é fluorescente direta, logo:

$$Q = Q_{\text{el}}/3 = 10191,8/3 = 3397,3 \text{ W}$$

3.5 Carga Térmica devido a aparelhos elétricos

Os motores existentes são: 1 de 0,75 CV, 4 de 1 CV, 5 de 0,5 CV e 1 de 2 CV.

$$Q = N \cdot 632$$

$$Q = (4 \cdot 1 + 5 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,75 + 1 \cdot 2) \cdot 632 = 5846 \text{ Kcal/h}$$

$$Q = 6798,9 \text{ W}$$

3.6 Calor liberado pelo Fio

O fio é feito num ambiente e depois acondicionado em outro, assim para efeito de cálculo, ele libera calor. Tomou-se assim as temperaturas das salas, como sendo a

temperatura do fio quando este atinge o equilíbrio em ambos os ambientes

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$m = 80 \text{ t}$$

$$c = 0,55 \text{ cal/g.}^\circ\text{C (nylon)}$$

$t_w - t_a =$ diferença de temperatura entre a fiação e a estocagem

t_w média (K e L)

t_a média (A, B, C, D e E)

t_a projeto 20°C

medida 1 (26,9-21,8) $Q = 10874,1 \text{ W}$ ($Q_{\text{proj}} = 14712,0 \text{ W}$)

medida 2 (26,5-21,9) $Q = 9808,0 \text{ W}$ ($Q_{\text{proj}} = 13859,1 \text{ W}$)

Somando-se todos os valores obtidos até agora, obtem-se a carga térmica total.

medida 1 $\Rightarrow Q_{\text{ta}} = 45779,3 \text{ W}$ ($Q_{\text{proj}} = 60756,1 \text{ W}$)

medida 2 $\Rightarrow Q_{\text{ta}} = 31266,5 \text{ W}$ ($Q_{\text{proj}} = 47162,1 \text{ W}$)

Tirando a média das duas medidas:

$Q_{\text{ta}} = 38522,9 \text{ W}$ ($Q_{\text{proj}} = 53959,1 \text{ W}$)

A seguir é apresentado, em porcentagem, em quanto cada parcela contribui:

penetração $\Rightarrow 41,94 \%$

insolação $\Rightarrow 3,02 \%$

pessoas $\Rightarrow 1,73 \%$

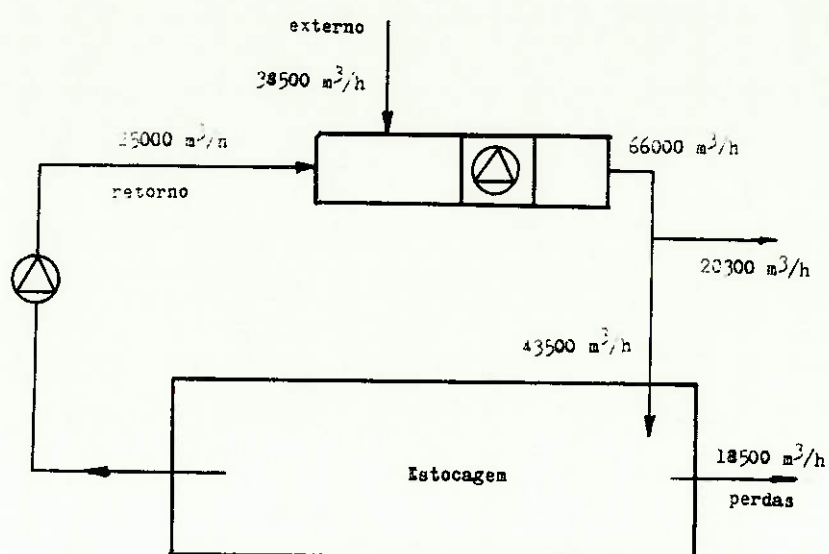
iluminação $\Rightarrow 8,82 \%$

aparelhos $\Rightarrow 17,65 \%$

fio $\Rightarrow 26,84 \%$

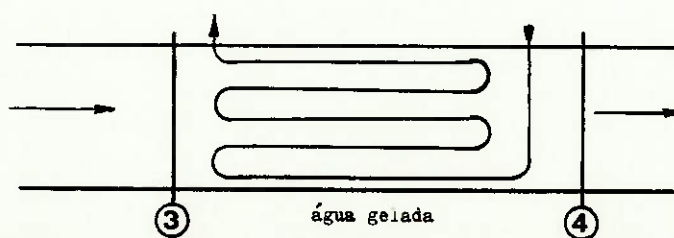
4. Balanço Térmico

A seguir, um desenho indica a situação da estocagem, bem como a central de ar condicionado, mostrando quanto vai para cada lugar.



Será aplicado a 1ª lei tanto na estocagem como na central, a fim de se ter uma idéia de quanta água gelada se gasta e a situação da Estocagem.

Tomando-se os dados do item 2 e aplicando a 1ª lei para a central, obtem-se:



1ª tomada (27/07/90)

$$\dot{m}_3 \cdot h_3 + Q_{ce} = \dot{m}_4 \cdot h_4$$

$$18,4 \cdot 11,6 \cdot 4186,8 + Q_{ce} = 21,04 \cdot 9,7 \cdot 4186,8$$

$$Q_{ce} = - 39155 \text{ W}$$

Aplicando agora na serpentina.

$$\dot{m}_w \cdot h_w + Q_{ce} = \dot{m}_a \cdot h_a \quad (\dot{m}_w = \dot{m}_a \text{ conservação da massa})$$

$$\dot{m} \cdot (h_a - h_w) = 39155 \text{ W}$$

onde:

$$t_{\text{entrada}} = 6^\circ\text{C} \Rightarrow h_w = 25,21 \text{ KJ/Kg}$$

$t_{\text{saída}} = 12^\circ\text{C}$ (levando-se em consideração a temperatura máxima que a água pode sair, garantindo todavia que o ar esteja a uma temperatura em torno de $14,5^\circ\text{C}$) $\Rightarrow h_a = 50,38 \text{ KJ/Kg}$.

$$\dot{m} \cdot (50,38 - 25,21) \cdot 10^3 = 39155$$

$$\dot{m} = 1,555 \text{ Kg/s} \Rightarrow \text{vazão} = 5,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

2ª tomada (20/08/90)

$$\dot{m}_3 \cdot h_3 + Q_{ce} = \dot{m}_4 \cdot h_4$$

$$21,5 \cdot 14,2 \cdot 4186,8 + Q_{ce} = 20,73 \cdot 13 \cdot 4186,8$$

$$Q_{ce} = - 149929,3 \text{ W}$$

Aplicando agora na serpentina, convém ressaltar agora que a temperatura em 4 está fora dos padrões devido à falta de água gelada, com isso temos que $t_w = 6^\circ\text{C}$.

Neste caso, obteve-se a temperatura de entrada da água, estimando que a temperatura de saída estivesse em torno de 16°C .

$$\dot{m}_w h_w + Q_{\text{vcc}} = \dot{m}_n h_n \quad (\dot{m}_w = \dot{m}_n \text{ conservação da massa})$$

$$\dot{m} (h_n - h_w) = 149929,3 \text{ W}$$

$$70000/3600 (67,13 \cdot 10^3 - h_w) = 149929,3 \text{ W}$$

$$h_w = 59,42 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} \Rightarrow t_w = 14,2^\circ\text{C}$$

Examinando agora a Estocagem e aplicando a 1ª lei:

$$\dot{m}_e h_e + Q_{\text{vcc}} = \dot{m}_n h_n \quad (\dot{m}_e = \dot{m}_n \text{ conservação da massa})$$

$$\dot{m} (h_n - h_e) = Q_{\text{vcc}}$$

$$50000/3600 (h_n - h_e) = 38522,9$$

$$(h_n - h_e) = 2773,6 \text{ J/Kg}$$

Tomando-se as duas tomadas que foram feitas na ocasião do balanço mássico e admitindo:

condições de saída = condições do ar no retorno

condições de entrada = condições na saída da central (secção 1)

$$1^\text{a} \text{ tomada } (h_n - h_e) = (12,4 - 10,6) \cdot 4186,8 = 7536,2 \text{ J/Kg}$$

$$2^\text{a} \text{ tomada } (h_n - h_e) = (14,6 - 14,1) \cdot 4186,8 = 2093,4 \text{ J/Kg}$$

Tomando agora as medições feitas em outra ocasião, na Estocagem. (dados retirados a partir da tabela da página 23):

$$3^\text{a} \text{ tomada } (h_n - h_e) = (12,0 - 11,8) \cdot 4186,8 = 837,4 \text{ J/Kg}$$

$$4^\text{a} \text{ tomada } (h_n - h_e) = (12,1 - 11,7) \cdot 4186,8 = 1674,7 \text{ J/Kg}$$

No caso das duas primeiras tomadas, utilizando as condições da saída da central (secção 1), convém ressaltar que o ar até chegar a distribuição, sofre um aquecimento, fazendo com que os resultados obtidos nestas duas primeira tomadas estejam um pouco acima do real.

Em função dos valores obtidos, nota-se que a carga térmica está coerente com o calculado, já que utilizamos dados extremos e apesar do 1º resultado.

Colocando-se como condição que a sala devesse ser mantida a 20°C e não o ar fornecido a este valor, teria-se que a carga térmica seria de aproximadamente 53959,1 W. Aplicando a 1ª lei:

$$50000/3600 (h_{in} - h_{ex}) = 53959,1 \text{ W}$$

$$h_{in} - h_{ex} = 3885,1 \text{ J/Kg}$$

$$t_{in} \text{ estaria em torno de } 200\text{C} \Rightarrow h_{in} = 11,3 \text{ Kcal/Kg}$$

$$h_{ex} = 10,4 \text{ Kcal//Kg} \Rightarrow t_{ex} = 18,5^{\circ}\text{C}$$

5. Análise de Estabilidade e Capabilidade

Não existem 2 produtos ou duas características que sejam exatamente iguais, porque todo processo produtivo é afetado por muitos fatores. As diferenças podem ser grandes ou de medição quase impossível (tão pequenas que são), mas estão sempre presentes.

É sempre desejável reduzir a variação de qualquer característica do processo, mesmo que a característica esteja sob condição de controle e mesmo que nenhum ou poucos problemas apareçam.

A redução da variação significa maior uniformidade e segurança do produto, melhor competitividade, etc.

ESTABILIDADE

A estabilidade é o resultado da eliminação de causas especiais, uma a uma, baseando-se nos sinais estatísticos, fazendo com que restem apenas a variação aleatória a qual quando existe, sozinha, caracteriza um processo estável.

Um processo estável, sem indicação de causa especial de variação, é considerado, segundo Shewhart, "em controle estatístico", ou estável. É um processo cujas variações são aleatórias. Seu comportamento no futuro próximo é previsível.

Os limites do gráfico de controle resultam do processo de fabricação empregado e refletem aquilo que o processo é capaz de realizar. Se o processo estiver fora de controle, os limites não exprimirão todas as possibilidades do processo de fabricação, nem permitirão decidir se o

processo é ou não capaz de atender a especificação. No entanto, se pelo menos no gráfico da amplitude se revelar que o processo está sob controle, será possível determinar se o processo atenderá a especificação, quando se alcançar o controle das médias.

Após havermos determinado que o processo encontra-se sob controle estatístico, é necessário verificar se é aceitável seu desempenho em relação as especificações. Há diversas técnicas para avaliar a capacidade de um processo sob controle estatístico, sendo que uma delas considera que o resultado do processo configura-se numa distribuição normal.

CAPABILIDADE

Capabilidade ou capacidade se baseia em testes de performance a fim de se obter resultados mensuráveis. Significa quantificar as causas comuns de variação e corrigi-las com ações no sistema.

Ela pode ser descrita pelo afastamento que a média do processo apresenta dos limites de controle de especificação, em unidades de desvio padrão.

Analisando os dados obtidos para temperatura, por meio dos dados coletados e mostrados em anexo.

temper1 ==> anexo 9

temper2 ==> anexo 10

temper3 ==> anexo 11

Observa-se que o processo não é estável e que quando há amostras fora de especificação, estas ocorrem para o limite superior (temperatura máxima). Estes dados mostram que há falta de água gelada para atender a demanda. Isto pode ser melhor observado através dos histogramas de distribuição, onde a média dos valores está deslocado para o limite superior.

Os resultados relativos a umidade são mostrados:

Umidade1 ==> anexo 12

Umidade2 ==> anexo 13

Umidade3 ==> anexo 14

Nota-se que o processo não é estável, não se podendo falar mais nada a respeito; devido em parte, ao problema com a temperatura (água gelada), pois esta afeta indiretamente a bateria de duto. Se o ar está acima da norma, a umidade relativa não pode ser abaixada devido ao aumento da temperatura. Isto pode ser melhor observado através do diagrama psicrométrico.

6. Propostas de Melhoria

A principal forma de melhoria seria colocar o ventilador de retorno em funcionamento com o objetivo de se economizar água gelada e/ou vapor.

Para que se coloque em uso tal ventilador é necessário que se balanceie o sistema de modo a proporcionar vazões mais adequadas, permitindo que com o ventilador de retorno ligado, a pressão permaneça positiva. Isto pode ser feito aumentando-se a vazão de saída no ambiente onde apresentar pressão negativa ou aumentando a perda de carga do retorno, de modo que a vazão deste seja diminuída. Convém ressaltar que esta segunda alternativa é menos aconselhável.

No presente momento (11/90), este ventilador foi colocado em funcionamento e com isso foi possível fazer algumas medições, seguindo-se o mesmo esquema da figura da página 17. Os resultados obtidos são mostrados a seguir:

PONTO 1

(Ar de Retorno)

$$TBS_1 = 22,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_1 = 12,4 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_1 = 17,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_1 = 62,7\%$$

$$\rho_1 = 1,118 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_1 = 11,5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t1} = 1,118 \cdot (1 + 11,5 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t1} = 1,131 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 2

(Ar Externo)

$$TBS_{\infty} = 23,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_{\infty} = 14,3 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_{\infty} = 20,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_{\infty} = 74\%$$

$$\rho_{\infty} = 1,113 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_{\infty} = 14,4 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t\infty} = 1,113 \cdot (1 + 14,4 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t\infty} = 1,129 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 3

(Ar da Mistura)

$$TBS_3 = 22,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_3 = 13,2 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_3 = 18,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_3 = 68\%$$

$$\rho_3 = 1,116 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_3 = 12,7 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t3} = 1,116 \cdot (1 + 12,7 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t3} = 1,130 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 4

(Ar Tratado, antes do Ventilador e depois do Lavador)

$$TBS_4 = 14,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_4 = 9,7 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_4 = 14 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_4 = 96\%$$

$$\rho_4 = 1,151 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_4 = w_{\infty} \text{ (não há adição de água)}$$

$$\rho_{t4} = 1,151 \cdot (1 + 11,5 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t4} = 1,164 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 5

(Ar tratado, depois da bateria de duto)

$$TBS_5 = 20,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_5 = 11,7 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_5 = 16,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_5 = 75\%$$

$$\rho_5 = 1,128 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_5 = 11,5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t\text{v}} = 1,128 (1 + 11,5 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t\text{v}} = 1,141 \text{ Kg/m}^3$$

A vazão total é:

$$\dot{Q}_{\text{v}} = 18,33 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 66000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{m}_{\text{v}} = 20,91 \text{ Kg/s} \Rightarrow 75300 \text{ Kg/h}$$

Aplicando continuidade:

$$\dot{m}_3 \cdot w_3 = \dot{m}_4 \cdot w_4 = \dot{m}_{\text{v}} \cdot w_{\text{v}}$$

$$20,91 \cdot 11,5 \cdot 10^{-3} = \dot{m}_3 \cdot 12,7 \cdot 10^{-3}$$

$$\dot{m}_3 = 18,9 \text{ Kg/s}$$

Considerando volume de controle entre (1), (2) e (3) tem-se:

$$1^{\text{a}} \text{ lei} \Rightarrow \dot{m}_1 \cdot h_1 + \dot{m}_2 \cdot h_2 = \dot{m}_3 \cdot h_3$$

$$\text{conservação da massa} \Rightarrow \dot{m}_1 \cdot w_1 + \dot{m}_2 \cdot w_2 = \dot{m}_3 \cdot w_3$$

$$12,4 \cdot \dot{m}_1 + 14,3 \cdot \dot{m}_2 = 18,9 \cdot 13,2 = 249$$

$$11,5 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{m}_1 + 14,4 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{m}_2 = 18,9 \cdot 12,7 \cdot 10^{-3} = 240$$

$$\dot{m}_1 = (249 - 14,3 \cdot \dot{m}_2) / 12,4$$

$$(249 - 14,3 \cdot \dot{m}_2) / 12,4 \cdot 11,5 + 14,4 \cdot \dot{m}_2 = 240$$

$$231 - 13,3 \cdot \dot{m}_2 + 14,4 \cdot \dot{m}_2 = 240$$

$$1,1 \cdot \dot{m}_2 = 9$$

$$\dot{m}_2 = 8,2 \text{ Kg/s} \Rightarrow \dot{m}_1 = 10,6 \text{ Kg/s}$$

$$\dot{Q}_2 = 7,3 \text{ m}^3/\text{s} \quad \dot{Q}_1 = 9,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(26300 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$(33900 \text{ m}^3/\text{h})$$

A vazão real do ventilador de retorno está em torno de 34000 m³/h. Para efeito de comparação analisou-se a quantidade de água gelada e/ou vapor que se gastaria para

situações adversas, tanto no inverno quanto no verão. Conforme a NB-10, tem-se:

INVERNO

$$TBS = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h = 5,8 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU = 7,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi = 70\%$$

$$\rho = 1,172 \text{ Kg/m}^3$$

$$w = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_t = 1,172 (1 + 5,6 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_t = 1,179 \text{ Kg/m}^3$$

VERÃO

$$TBS = 31 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h = 17,9 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi = 57,7\%$$

$$\rho = 1,085 \text{ Kg/m}^3$$

$$w = 17,3 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_t = 1,085 (1 + 17,3 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_t = 1,104 \text{ Kg/m}^3$$

Os dados das secções (1, retorno), (4, lavador) e (5, ar tratado), foram tomados baseado em média e supondo que a central estava operando normalmente (sem falta de água gelada)

PONTO 1

(Ar de Retorno)

$$TBS_1 = 22,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_1 = 12,4 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_1 = 17,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_1 = 62,7\%$$

$$\rho_1 = 1,118 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_1 = 11,5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{t1} = 1,118 (1 + 11,5 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t1} = 1,131 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 4

(Ar Tratado, antes do Ventilador e depois do Lavador)

$$TBS_4 = 14,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_4 = 9,9 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_4 = 14,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_4 = 97,5\%$$

$$\rho_4 = 1,151 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_4 = w_w \text{ (não há adição de água)}$$

$$\rho_{t4} = 1,151 \cdot (1 + 10,7 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{t4} = 1,163 \text{ Kg/m}^3$$

PONTO 5

(Ar tratado, depois da bateria de duto)

$$TBS_w = 18,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_w = 11 \text{ Kcal/Kg}$$

$$TBU_w = 15,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_w = 75\%$$

$$\rho_w = 1,134 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_w = 10,7 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/Kg de ar seco}$$

$$\rho_{tw} = 1,134 \cdot (1 + 10,7 \cdot 10^{-3})$$

$$\rho_{tw} = 1,146 \text{ Kg/m}^3$$

Ventilador em funcionamento

$$\dot{Q}_2 = 7,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{Q}_1 = 9,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ventilador desligado

$$\dot{Q}_2 = 10,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{Q}_1 = 6,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Analisando a situação no inverno e aplicando a 1ª lei conforme esquema anteriormente mostrado (pag. 17)

$$\dot{m}_3 \cdot h_3 + Q_{\text{ve}} = \dot{m}_4 \cdot h_4$$

mas

$$\dot{m}_3 \cdot h_3 = \dot{m}_2 \cdot h_2 + \dot{m}_1 \cdot h_1 \quad \text{e} \quad \dot{m}_3 \cdot w_3 = \dot{m}_2 \cdot w_2$$

$$Q_{\text{ve}} = \dot{m}_4 \cdot h_4 - (\dot{m}_2 \cdot h_2 + \dot{m}_1 \cdot h_1)$$

Adotando os valores que foram tomados como médios, é obtido:

VENTILADOR DESLIGADO

$$Q_{ve} = (18,3 \cdot 1,146 \cdot 9,9 - (10,7 \cdot 1,179 \cdot 5,8 + 6,9 \cdot 1,131 \cdot 12,4)) \cdot 4186,8$$

$$Q_{ve} = 157774,2 \text{ W}$$

Aplicando a 1ª lei na bateria:

$$\dot{m}_e \cdot h_e + Q_{ve} = \dot{m}_v \cdot h_v \quad (\dot{m}_e = \dot{m}_v \text{ conservação da massa})$$

Conforme descrição do sistema, o consumo máximo de vapor é de 900 Kg/h a uma pressão de 12 Kgf/cm².

$$\text{vapor saturado (12 Kgf/cm}^2\text{)} \Rightarrow h_e = 664,9 \text{ Kcal/Kg}$$

$$\text{líquido saturado (12 Kgf/cm}^2\text{)} \Rightarrow h_v = 189,7 \text{ Kcal/Kg}$$

$$\dot{m} \cdot (h_v - h_e) = Q_{ve}$$

$$\dot{m} \cdot (664,9 - 189,7) \cdot 4186,8 = 157774,2 \text{ W}$$

$$\dot{m} = 0,08 \text{ Kg/s} = 286 \text{ Kg/h}$$

VENTILADOR LIGADO

$$Q_{ve} = (18,3 \cdot 1,146 \cdot 9,9 - (7,3 \cdot 1,179 \cdot 5,8 + 9,4 \cdot 1,131 \cdot 12,4)) \cdot 4186,8$$

$$Q_{ve} = 108323,4 \text{ W}$$

Aplicando a 1ª lei na bateria:

$$\dot{m}_e \cdot h_e + Q_{ve} = \dot{m}_v \cdot h_v \quad (\dot{m}_e = \dot{m}_v \text{ conservação da massa})$$

conforme descrição do sistema, o consumo máximo de vapor é de 900 Kg/h a uma pressão de 12 Kgf/cm².

vapor saturado (12 Kgf/cm²) ==> $h_w = 664,9$ Kcal/Kg

líquido saturado (12 Kgf/cm²) ==> $h_m = 189,7$ Kcal/Kg

$$\dot{m} \cdot (h_m - h_w) = Q_{ve}$$

$$\dot{m} \cdot (664,9 - 189,7) \cdot 4186,8 = 108323,4 \text{ W}$$

$$\dot{m} = 0,055 \text{ Kg/s} = 200 \text{ Kg/h}$$

Comparando os dois resultados, nota-se que houve uma redução da ordem de 30%.

Analisando agora a situação no verão:

VENTILADOR DESLIGADO

$$Q_{ve} = (18,3 \cdot 1,146 \cdot 9,9 - (10,7 \cdot 1,104 \cdot 17,9 + 6,9 \cdot 1,131 \cdot 12,4)) \cdot 4186,8$$

$$Q_{ve} = - 412178,1 \text{ W}$$

Aplicando a 1ª lei no sistema de resfriamento:

$$\dot{m}_w \cdot h_w + Q_{ve} = \dot{m}_m \cdot h_m \quad (\dot{m}_w = \dot{m}_m \text{ conservação da massa})$$

onde:

$$t_w = 6 \text{ } ^\circ\text{C} ==> h_w = 25,21 \text{ Kj/Kg}$$

$$t_m = 12 \text{ } ^\circ\text{C} ==> h_m = 50,38 \text{ Kj/Kg}$$

$$\dot{m} \cdot (50,38 - 25,21) \cdot 10^3 = 421178,1$$

$$\dot{m} = 16,73 \text{ Kg/s} ==> 60,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

VENTILADOR LIGADO

$$Q_{ve} = (18,3 \cdot 1,146 \cdot 9,9 - (7,3 \cdot 1,104 \cdot 17,9 + 9,4 \cdot 1,131 \cdot 12,4)) \cdot 4186,8$$

$$Q_{ve} = - 286662,7 \text{ W}$$

Aplicando a 1ª lei no sistema de resfriamento:

$$\dot{m}_e \cdot h_e + Q_{res} = \dot{m}_a \cdot h_a \quad (\dot{m}_e = \dot{m}_a: \text{conservação da massa})$$

onde:

$$t_e = 6^\circ\text{C} \Rightarrow h_e = 25,21 \text{ KJ/Kg}$$

$$t_a = 12^\circ\text{C} \Rightarrow h_a = 50,38 \text{ KJ/Kg}$$

$$\dot{m} \cdot (50,38 - 25,21) \cdot 10^3 = 286662,7$$

$$\dot{m} = 11,39 \text{ Kg/s} \Rightarrow 41 \text{ m}^3/\text{h}$$

A vazão máxima da bomba é de 70 m³/h. Comparando os resultados acima, observa-se uma economia da ordem de 30% de água gelada.

Levando em consideração a potência consumida pelo motor do ventilador de retorno (25 CV = 18500 W), tem-se que a economia é um pouco menor, mas nada que limite sua aplicação. Deve-se considerar também de que a energia elétrica não constitui problema, o que não ocorre com a água gelada (não há água gelada suficiente).

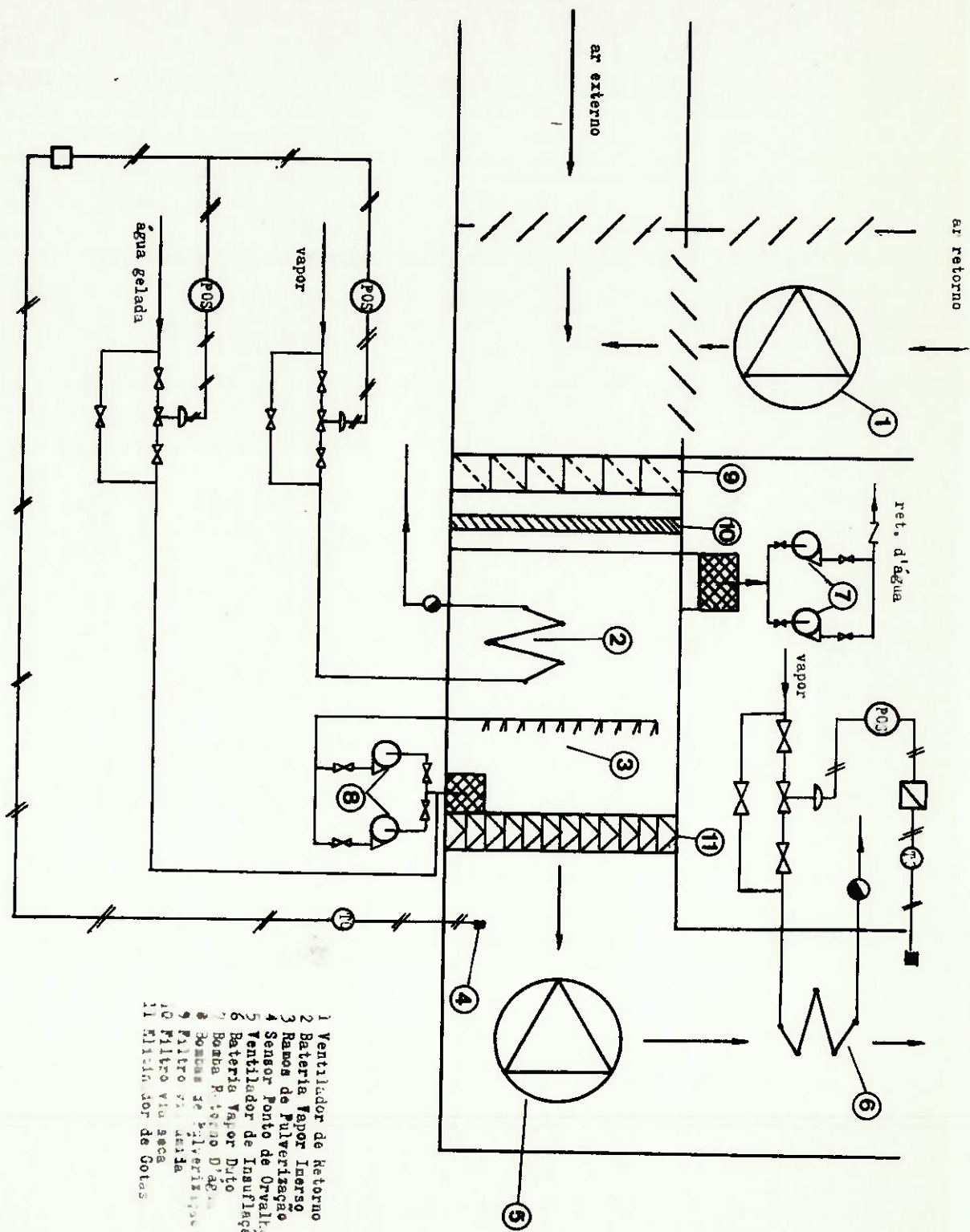
Observando os resultados, nota-se que a economia é significativa, justificando o emprego do ventilador de retorno.

Outro ponto a mencionar, seria o fato de que a tubulação de retorno é centralizada, ocasionando fluxos internos dentro do ambiente acondicionado. A fim de se obter uma melhor distribuição, seria interessante desmembrar o retorno, de modo que os fluxos fossem diminuídos.

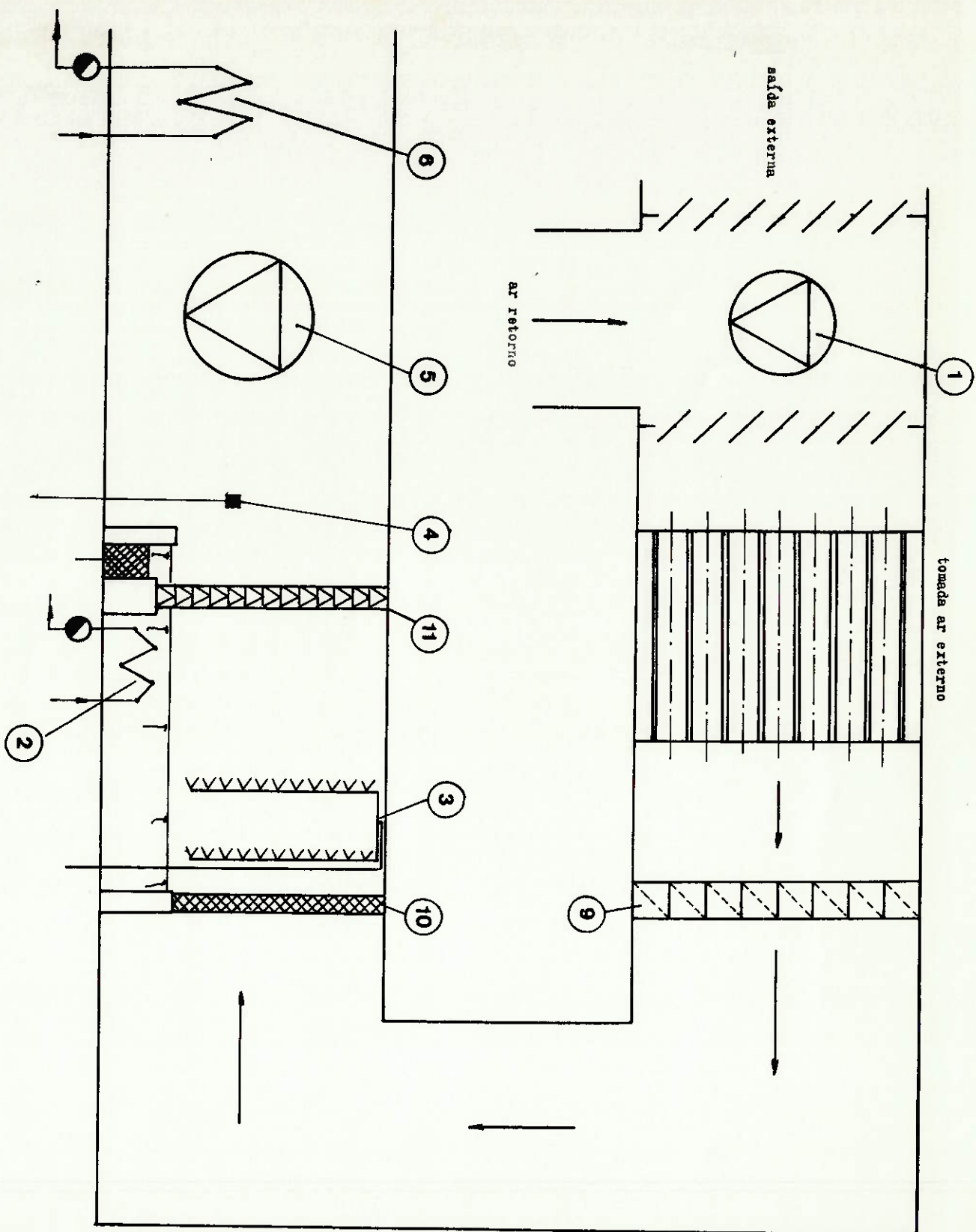
7. Bibliografia

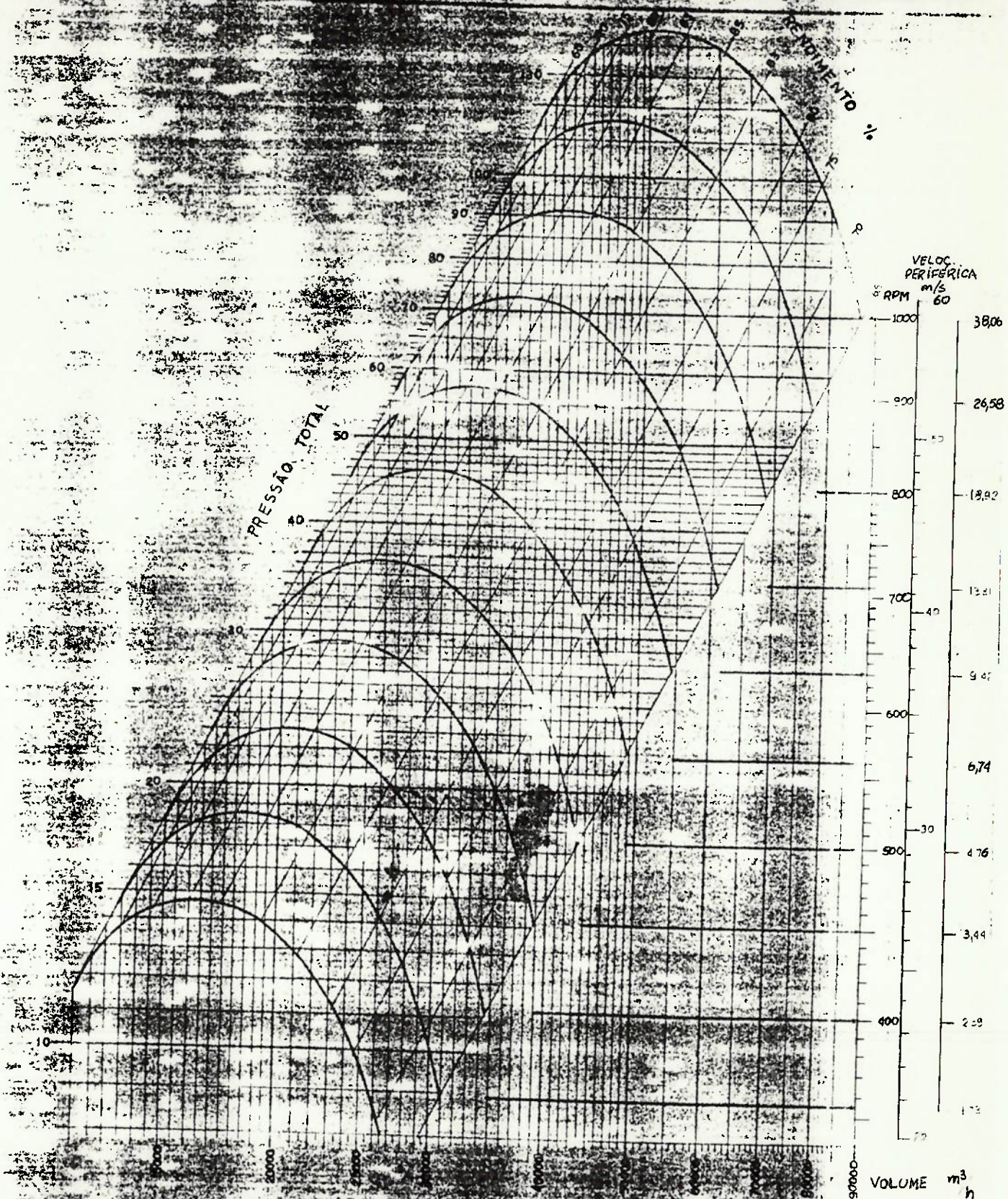
- 1 -) ABNT 1978. Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto. NB-10, Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- 2 -) ACGIH 1986. Industrial Ventilation - A manual of recommended practices, 19th ed. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Lansing, MI.
- 3 -) AMCA 1973. Field Performance Measurements. Publication 201, Air Movement and Control Association, Arlington Heights, IL.
- 4 -) AMCA 1967. Test Code for Air Moving Devices. Standard 210, Air Movement and Control Association, Arlington Heights, IL.
- 5 -) ASHRAE 1989, Handbook os Fundamentals SI Units, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta.
- 6 -) JURAN, J.M., Quality Control Handbook, 3rd ed., McGraw Hill Book Company 1979.
- 7 -) DEMING, W Edwards, Out of the Crisis, Massachusetts Institute of Technology.
- 8 -) SILVA, Remi B., Ventilação e Ar Condicionado. 2 ed. Departamento de Engenharia Mecânica, EPUSP 1968.
- 9 -) STOECKER, W.F., JONES, J.W., Refrigeração e Ar Condicionado. São Paulo: McGraw Hill 1985, 481p.
- 10-) TREVISAN, W., Manual Termo Técnico. São Paulo: IBEC 1980, 341p.
- 11-) VAN WYLEN, Gordon J., SONNTAG, Richard E., Fundamentos da Termodinâmica Clássica. 2. ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher 1987, 565p.

Anexos



Anexo 1





CARACTERÍSTICAS INICIAIS DO AR: PRESSÃO 1,01325 kg/cm² TEMPERATURA 20°C HUMIDADE 50% ALTITUDE 760 mm Hg

DIGO 3/10 VENTILADOR AXIAL 3/10 VAM 112 INDIRETO

VENTILADORES

BERNAUER

S.A.



Ventilador tipo VBR-100/1000

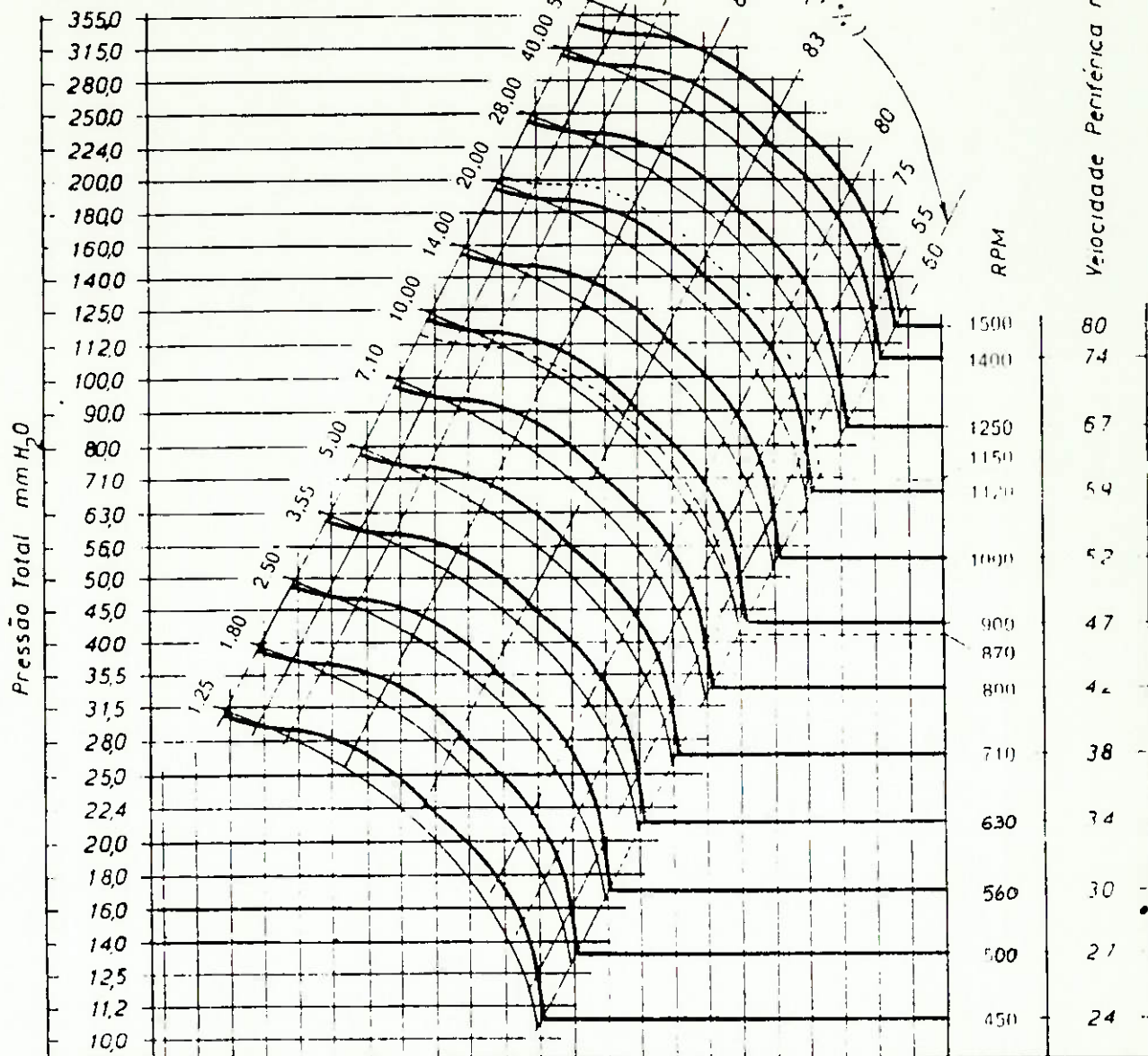
Boca de Entrada = ϕ_{nom} 1000

Boca de Saída = ϕ_{nom} 900 x 800

Rotor = ϕ_{nom} 1000

Curva característica

$\gamma = 1,2 \text{ kg/m}^3$



Volume $\text{m}^3/\text{h} \cdot$
 $\times 1000$

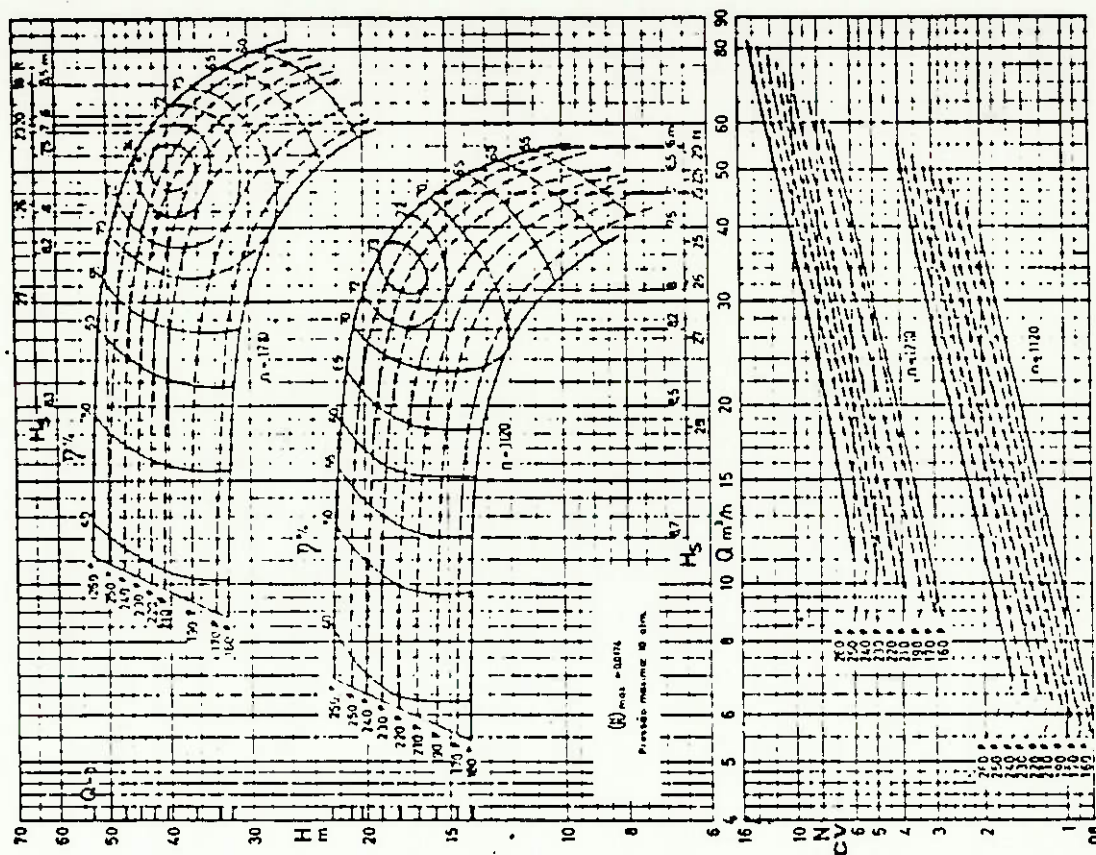
Volume $\text{m}^3/\text{s} \cdot$

Velocidade boca
de entrada m/s

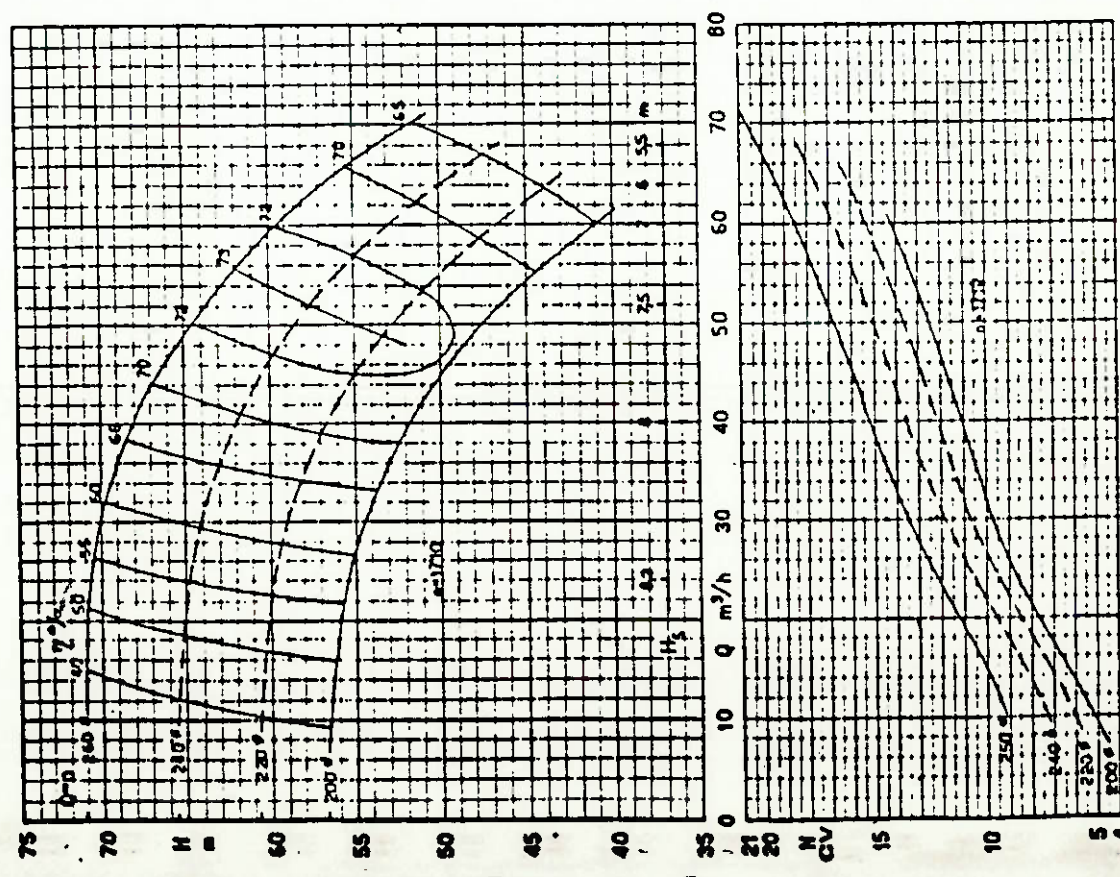
Pressão Dinâmica
 $\text{mm H}_2\text{O}$

Obs: para dupla sucção considerar o volume necessário dividido por 2

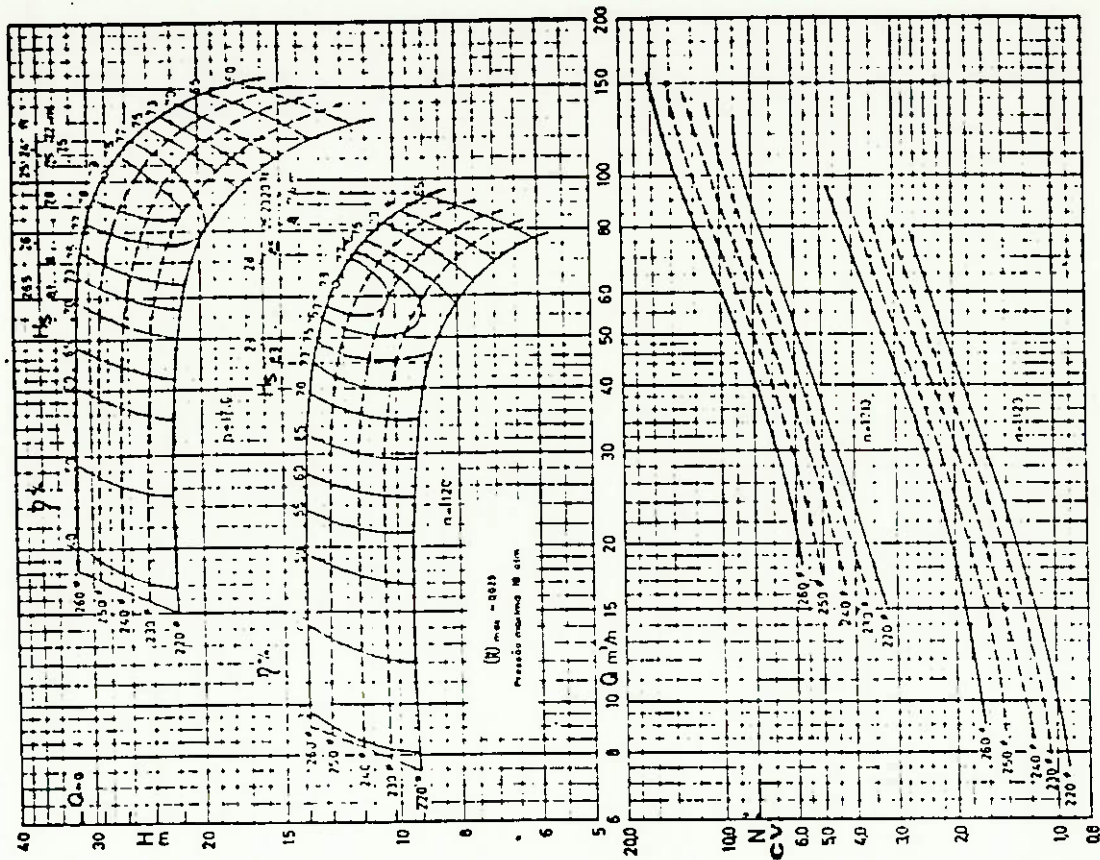
* valores arredondados conforme norma R 20 (DIN 323)



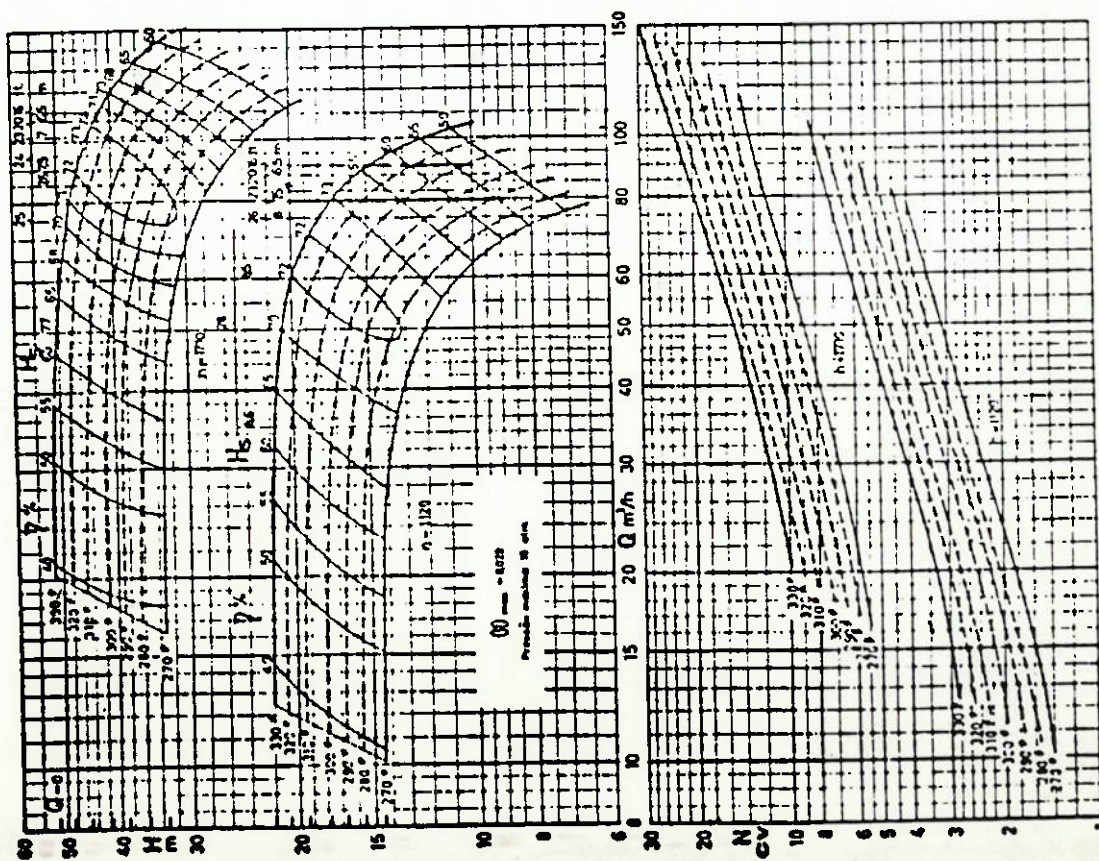
Rotor		Leitura	Z	M	Dados para água γ = 1	
10 max min	20 min	12mm	P4593C	P35128	Recalcular sempre os pontos de aplicação para a rotação elétrica	rpm
20 max min	200 (1-2)	8mm	P45459C	P35330		1710/1120



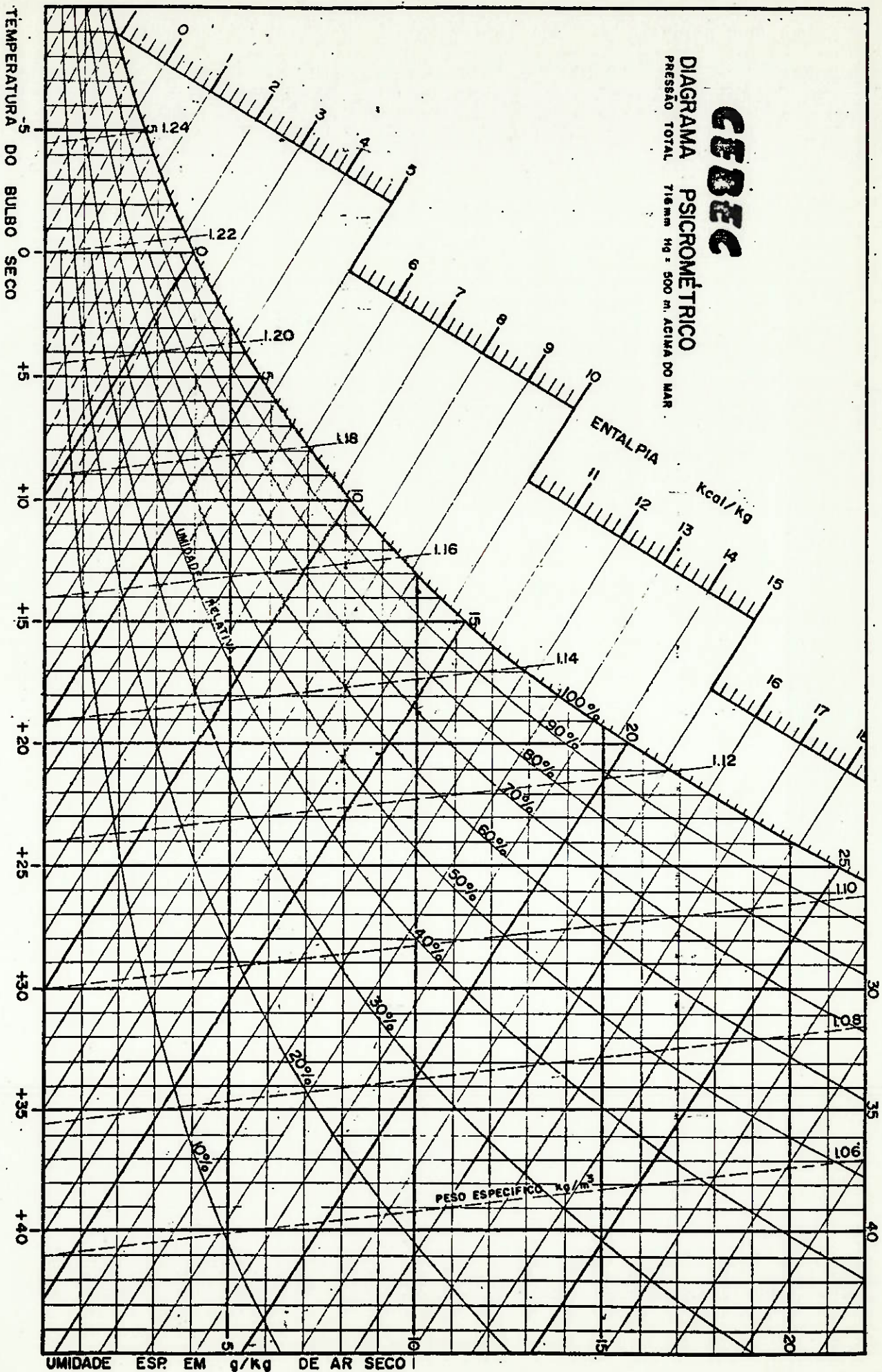
Rotor 30 est.		Corpo sólido		Dados para água γ = 1		rpm
Q max	Q min	Q max	Q min	Recalcular sempre os pontos de aplicação para a rotação elétrica	max	1710
260	200	8	P 35330	0,0174	10 atm	

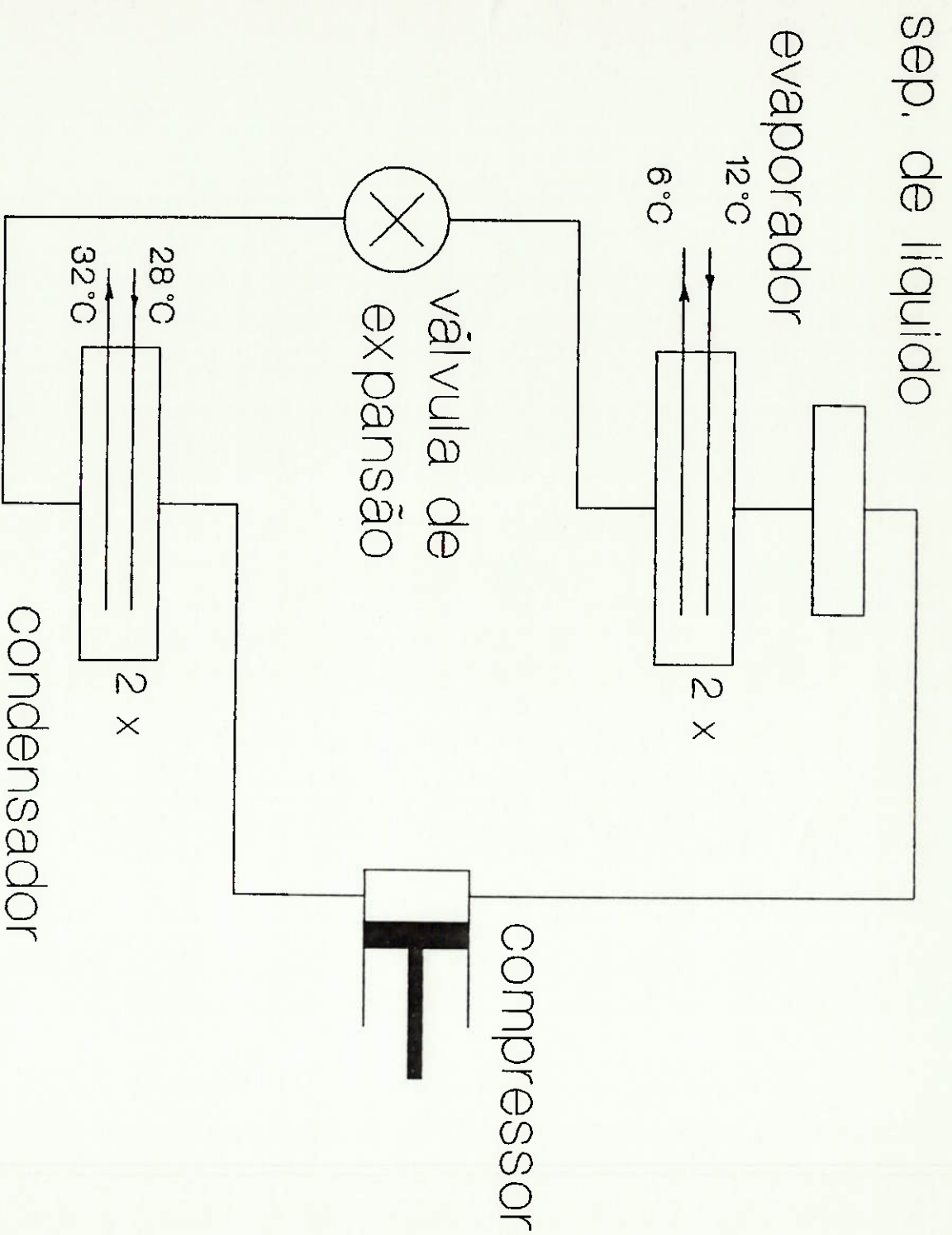


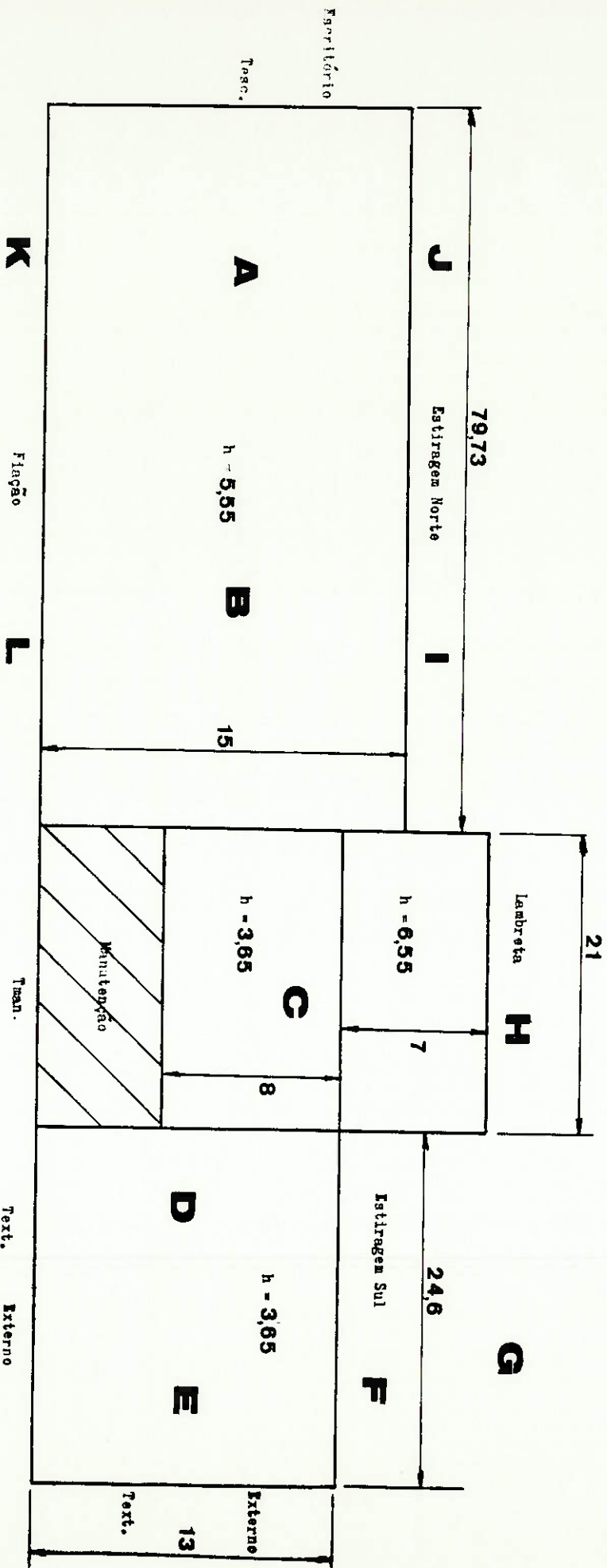
Rotor	Leitura	Z	M	Dados para água γ = 1	D	rpm
res./min 260/720 O	14mm	1/132	P34450	Recalcular sempre os pontos de aplicação para a rotação efetiva	92562 92115	1710/1120



Rotor	Leitura	Z	M	Dados para água γ = 1	D	rpm
res./min 130/730 O	9mm	1/132	P35114	Recalcular sempre os pontos de aplicação para a rotação efetiva	92365 92307	1710/1120







Anexo B

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STD ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER1.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:35)

1. Identificacao da Amostra

Fabrica : UTN
Departamento : DEPP
Setor :
Linha :
Maquina : ESTOCAGEM
Operacao :
Peca :
Lado / Desenho :
Cliente :
Periodo : 2 SEM
Caracteristica : TEMPERATURA
Unidade : C

Num_Carta : 0001

2. Dados Coletados

Especificacao de Engenharia

Numero de Amostras	26	Maximo	21.00
Tamanho da Amostra	1	Minimo	19.00

SoftCEP PLUS V3.01a VTB(c)_1989 RHODIA TEXTIL STD ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER1.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:35)

	001	002	003	004	005	006
	20.50	21.00	20.00	21.50	21.00	21.00
d	20.50	21.00	20.00	21.50	21.00	21.00
v	Nao ha	0.50	1.00	1.50	0.50	0.00
	007	008	009	010	011	012
	20.50	20.50	20.00	20.00	20.00	21.00
d	20.50	20.50	20.00	20.00	20.00	21.00
v	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00
	013	014	015	016	017	018
	20.50	22.00	22.00	21.50	21.50	21.50
d	20.50	22.00	22.00	21.50	21.50	21.50
v	0.50	1.50	0.00	0.50	0.00	0.00
	019	020	021	022	023	024
	22.00	21.50	20.00	20.00	20.00	20.00
d	22.00	21.50	20.00	20.00	20.00	20.00
v	0.50	0.50	1.50	0.00	0.00	0.00
	025	026				
	20.00	20.50				
d	20.00	20.50				
v	0.00	0.50				

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER1.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:35)

3. CALCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

X Indbar	=	20.769	R Movbar	=	0.440
LSC X ind	=	21.939	LSC R mov	=	1.437
LIC X ind	=	19.599	LIC R mov	=	Nao ha

4. ANALISE DAS TENDENCIAS

Carta X ind com 3 amostras fora de controle
Carta R mov com 3 amostras fora de controle

Direita ou Acima do Terco Medio	=	8 (30.77 %)
Terco Medio	=	9 (34.62 %)
Esquerda ou Abaixo do Terco Medio	=	9 (34.62 %)

7 pontos consecutivos em X ind decrescentes , inicio: 5, final: 10
7 pontos consecutivos em X ind acima da media , inicio: 14, final: 20

PROCESSO NAO ESTAVEL

- Novos dados ou revisao dos pontos
- Causas Especiais
- Decisao no local
- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

5. Verificacao da Normalidade da Distribuicao

Modelo Normal * ACEITAVEL * | Nivel de Significancia > 20 %

SoftCEP PLUS V3.01a VTB(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER1.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:36)

6.CALCULOS EXTRAS

Especificacao de Engenharia

Maximo : 21.00

Minimo : 19.00

X Indbar : 20.769

Desvio Individual : Rbar/d2 : 0.390

Criterio : X Indbar +/- 3 * Sigma (99.730 %)
Lni = 19.599 Lns = 21.939

Criterio : X Indbar +/- 4 * Sigma (99.994 %)
Lni = 19.209 Lns = 22.329

Cp = 0.855

Cpk = 0.197

*** IMPORTANTE :

- Nao se deve analisar a capacidade de um
processo nao estavel

* (%) OBTIDA NA TABELA DA DISTRIBUICAO NORMAL :

Z superior = 0.592	Porcentagem acima LSE =	27.683
Z inferior = 4.536	Porcentagem abaixo LIE =	0.000
Porcentagem fora da especificacao	=	27.683
Porcentagem dentro da especificacao	=	72.317

* (%) VERIFICADA NA AMOSTRA (26 valores => 100 %) :

Porcentagem acima LSE	(3 valores) =	30.769
Porcentagem abaixo LIE	(0 valores) =	0.000
Porcentagem fora da especificacao	(3 valores) =	30.769
Porcentagem dentro da especificacao	(18 valores) =	69.231

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989

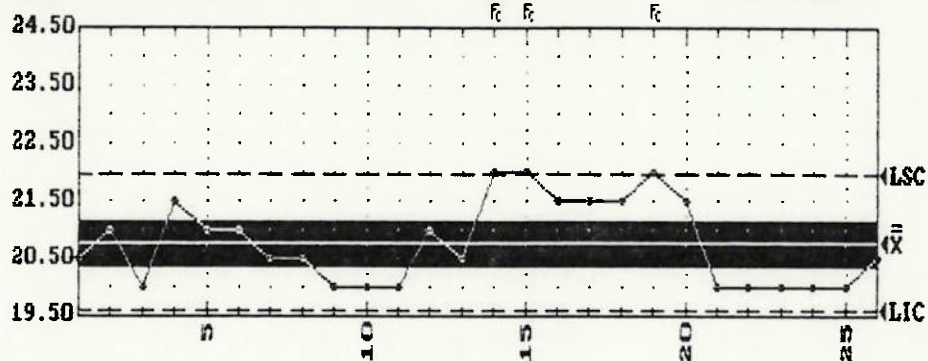
RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:TEMPER1.CC Carta X

$\bar{X} = 20.769$

LSC = 21.939 (Calculado)

LIC = 19.599 (Calculado)



SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989

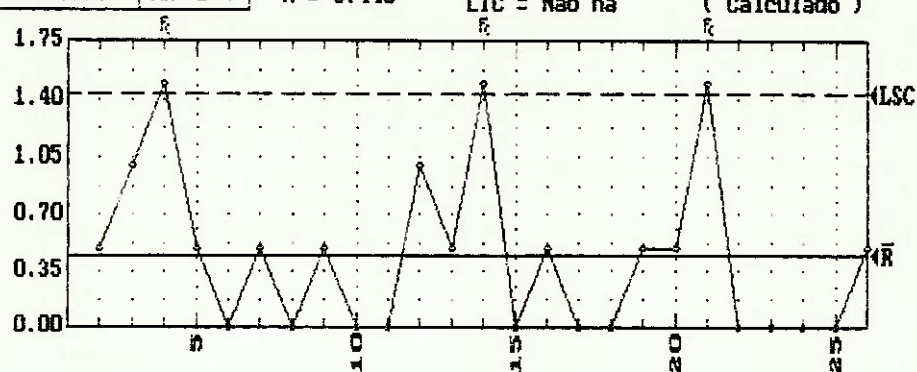
RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:TEMPER1.CC Carta R

$\bar{R} = 0.440$

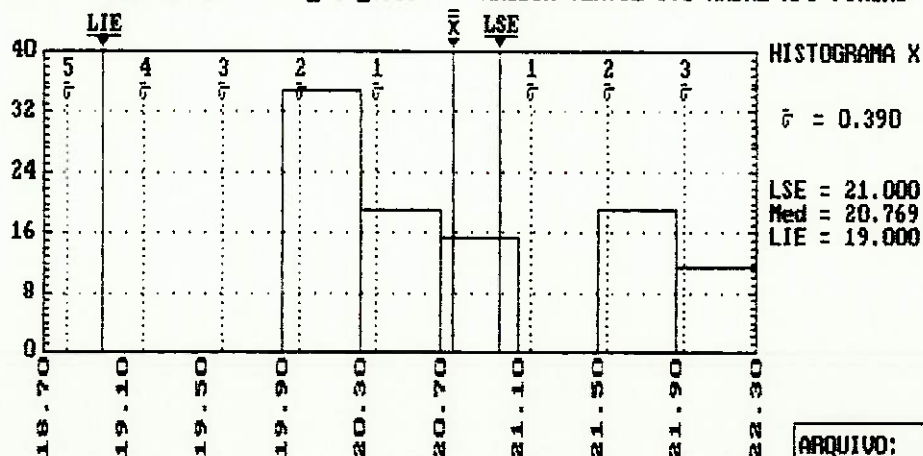
LSC = 1.437 (Calculado)

LIC = Nao ha (Calculado)



SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989

RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO



ARQUIVO:
TEMPER1.CC

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STD ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER2.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:40)

1. Identificacao da Amostra

Fabrica : UTN
Departamento : DEFF
Setor :
Linha :
Maquina : ESTOCAGEM
Operacao :
Peca :
Lado / Desenho :
Cliente :
Periodo : 2 SEM
Caracteristica : TEMPERATURA
Unidade : C

Num_Carta : 0001

2. Dados Coletados

Especificacao de Engenharia

Numero de Amostras : 25
Tamanho da Amostra : 1

Maximo : 21.00
Minimo : 19.00

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER2.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:40)

001	002	003	004	005	006
20.50	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
20.50	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Nao ha	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
007	008	009	010	011	012
20.50	20.50	21.00	20.50	20.50	20.50
20.50	20.50	21.00	20.50	20.50	20.50
0.50	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00
013	014	015	016	017	018
20.50	20.50	20.00	20.00	20.00	20.50
20.50	20.50	20.00	20.00	20.00	20.50
0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50
019	020	021	022	023	024
20.00	20.00	20.50	20.00	19.00	19.00
20.00	20.00	20.50	20.00	19.00	19.00
0.50	0.00	0.50	0.50	1.00	0.00
025					
19.00					
19.00					
0.00					

SoftCEP PLUS V3.91a UTB_(1)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER2.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:40)

3. CALCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

X Indbar	=	20.320	R Movbar	=	0.229
LSC X ind	=	20.929	LSC R mov	=	0.748
LIC X ind	=	19.711	LIC R mov	=	Nao ha

4. ANALISE DAS TENDENCIAS

Carta X ind com 9 amostras fora de controle
Carta R mov com 1 amostras fora de controle

Direita ou Acima do Terco Medio	=	6 (24.00 %)
Terco Medio	=	10 (40.00 %)
Esquerda ou Abaixo do Terco Medio	=	9 (36.00 %)

7 pontos consecutivos em X ind acima da media , inicio: 1, final: 7
7 pontos consecutivos em X ind acima da media , inicio: 8, final: 14
7 pontos consecutivos em X ind decrescentes , inicio: 10, final: 15

PROCESSO NAO ESTAVEL

- Novos dados ou revisao dos pontos
- Causas Especiais
- Decisao no local
- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

5. Verificacao da Normalidade da Distribuicao

Modelo Normal * ACEITAVEL * 1 Nivel de Significancia = 6.7 %

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER2.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:40)

6.CALCULOS EXTRAS

Especificacao de Engenharia

Maximo : 21.00
Minimo : 19.00

X Indbar : 20.320
Desvio Individual : Rbar/d2 : 0.203

Criterio : X Indbar +/- 3 * Sigma (99.730 %)
Lni = 19.711 Lns = 20.929

Criterio : X Indbar +/- 4 * Sigma (99.994 %)
Lni = 19.508 Lns = 21.132

Cp = 1.642
Cpk = 1.117

*** IMPORTANTE :

- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

* (%) OBTIDA NA TABELA DA DISTRIBUICAO NORMAL :

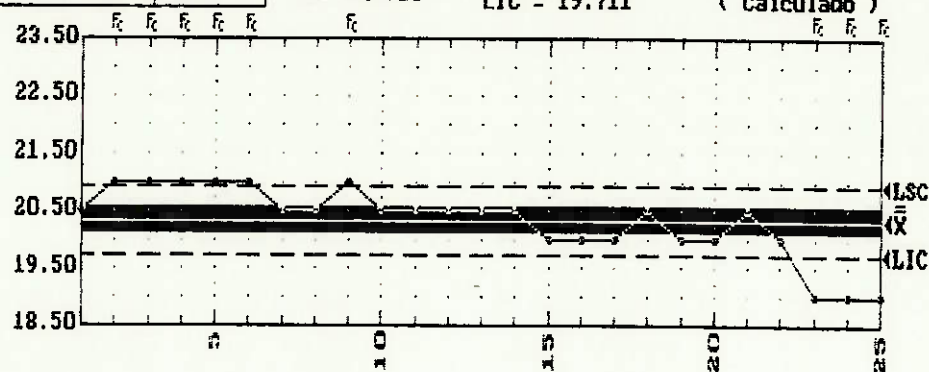
Z superior = 3.350 Porcentagem acima LSE = 0.001
Z inferior = 6.502 Porcentagem abaixo LIE = 0.000
Porcentagem fora da especificacao = 0.001
Porcentagem dentro da especificacao = 99.999

* (%) VERIFICADA NA AMOSTRA (25 valores => 100 %) :

Porcentagem acima LSE (0 valores) = 0.000
Porcentagem abaixo LIE (0 valores) = 0.000
Porcentagem fora da especificacao (0 valores) = 0.000
Porcentagem dentro da especificacao (25 valores) = 100.000

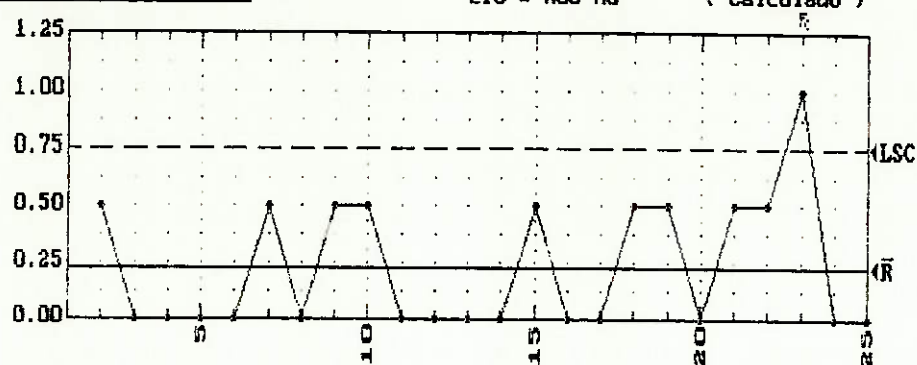
SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ: TEMPER2.CC Carta X $\bar{X} = 20.320$ LSC = 20.929 (Calculado)
LIC = 19.711 (Calculado)

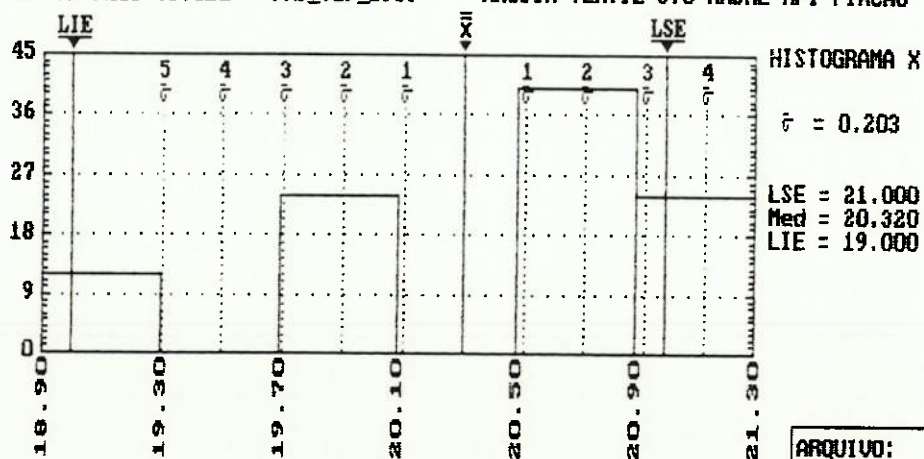


SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ: TEMPER2.CC Carta R $\bar{R} = 0.229$ LSC = 0.748 (Calculado)
LIC = Nao ha (Calculado)



SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO



ARQUIVO:
TEMPER2.CC

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER3.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:45)

1. Identificacao da Amostra

Fabrica : UTN
Departamento : DEFF
Setor :
Linha :
Maquina : ESTOCAGEM
Operacao :
Peca :
Lado / Desenho :
Cliente :
Periodo : 2 SEM
Caracteristica : TEMPERATURA
Unidade : C

Num_Carta : 0001

2. Dados Coletados

Especificacao de Engenharia

Numero de Amostras	: 19	Maximo	: 21.00
Tamanho da Amostra	: 1	Minimo	: 19.00

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER3.CC

Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:45)

	001	002	003	004	005	006
!	22.00	20.00	18.50	19.50	20.00	21.50
!						
d !	22.00	20.00	18.50	19.50	20.00	21.50
v !	Nao ha	2.00	1.50	1.00	0.50	1.50
	007	008	009	010	011	012
!	22.50	21.50	21.50	21.50	20.50	21.00
!						
d !	22.50	21.50	21.50	21.50	20.50	21.00
v !	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.50
	013	014	015	016	017	018
!	21.00	21.00	20.50	21.00	20.50	20.00
!						
d !	21.00	21.00	20.50	21.00	20.50	20.00
v !	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50
	019					
!	20.00					
!						
d !	20.00					
v !	0.00					

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER3.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:45)

3. CALCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

X Indbar = 20.737 R Movbar = 0.667

LSC X ind = 22.511 LSC R mov = 2.179

LIC X ind = 18.963 LIC R mov = Nao ha

4. ANALISE DAS TENDENCIAS

Carta X ind com 1 amostras fora de controle

Carta R mov com 0 amostras fora de controle

Direita ou Acima do Terco Medio = 6 (31.58 %)

Terco Medio = 7 (36.84 %)

Esquerda ou Abaixo do Terco Medio = 6 (31.58 %)

7 pontos consecutivos em R abaixo da media, inicio: 12, final: 18

PROCESSO NAO ESTAVEL

- Novos dados ou revisao dos pontos

- Causas Especiais

- Decisao no local

- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

5. Verificacao da Normalidade da Distribuicao

Modelo Normal * ACEITAVEL * 1 Nivel de Significancia > 20 %

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : TEMPER3.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (08:45)

6.CALCULOS EXTRAS

Especificacao de Engenharia

Maximo : 21.00
Minimo : 19.00

X Indbar : 20.737
Desvio Individual : Rbar/d2 : 0.591

Criterio : X Indbar +/- 3 * Sigma (99.730 %)
Lni = 18.964 Lns = 22.510

Criterio : X Indbar +/- 4 * Sigma (99.994 %)
Lni = 18.373 Lns = 23.101

Cp = 0.564
Cpk = 0.148

*** IMPORTANTE :

- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

* (%) OBTIDA NA TABELA DA DISTRIBUICAO NORMAL :

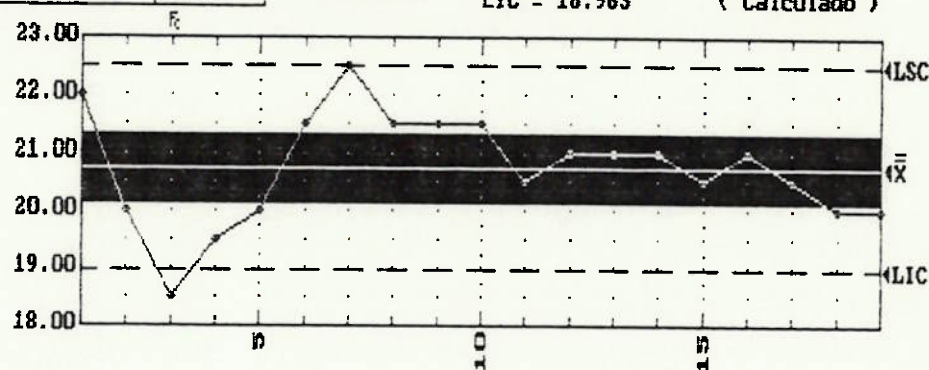
Z superior = 0.445 Porcentagem acima LSE = 32.817
Z inferior = 2.939 Porcentagem abaixo LIE = 0.165
Porcentagem fora da especificacao = 32.982
Porcentagem dentro da especificacao = 67.018

* (%) VERIFICADA NA AMOSTRA (19 valores => 100 %) :

Porcentagem acima LSE (6 valores) = 31.579
Porcentagem abaixo LIE (1 valores) = 5.263
Porcentagem fora da especificacao (7 valores) = 36.842
Porcentagem dentro da especificacao (12 valores) = 63.158

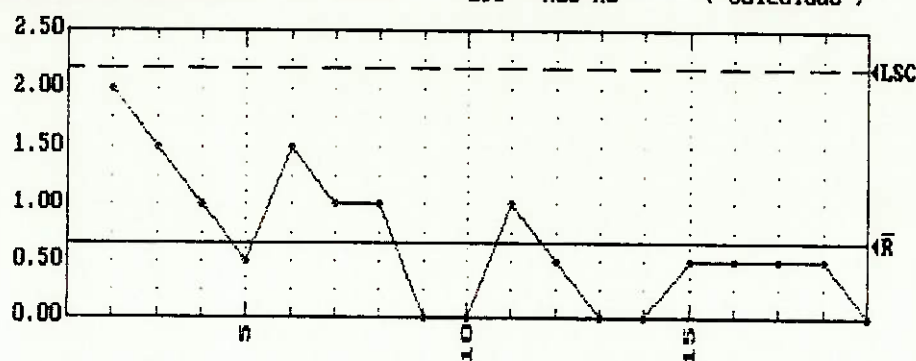
SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:TEMPER3.CC Carta X $\bar{X} = 20.737$ LSC = 22.511 (Calculado)
LIC = 18.963 (Calculado)

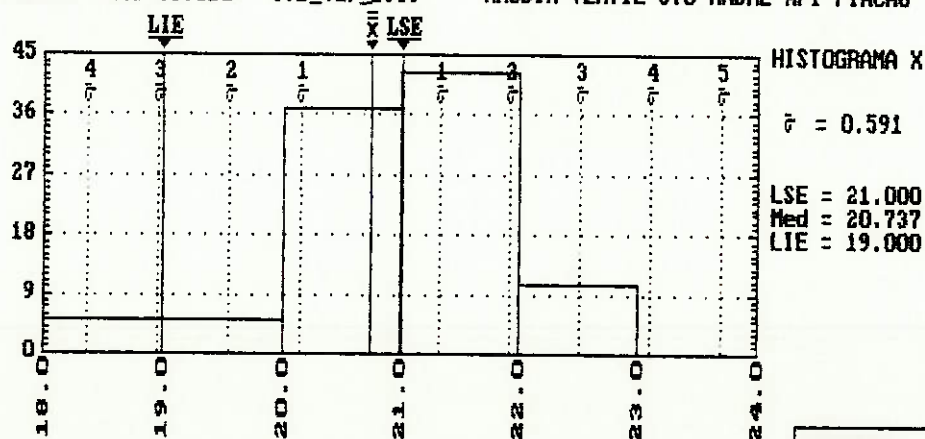


SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:TEMPER3.CC Carta R $\bar{R} = 0.667$ LSC = 2.179 (Calculado)
LIC = Nao ha (Calculado)



SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO



ARQUIVO:
TEMPER3.CC

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE1.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:48)

1. Identificacao da Amostra

Fabrica : UTN
Departamento : DEPP
Setor :
Linha :
Maquina : ESTOCAGEM
Operacao :
Peca :
Lado / Desenho :
Cliente :
Periodo : 2 SEM
Caracteristica : UMIDADE
Unidade : %

Num_Carta : 0001

2. Dados Coletados

Especificacao de Engenharia

Numero de Amostras	: 26	Maximo	: 72.00
Tamanho da Amostra	: 1	Minimo	: 68.00

SoftCEP PLUS V3.01a VTB(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE1.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:48)

	001	002	003	004	005	006
	72.00	74.00	70.00	77.50	74.50	73.50
d !	72.00	74.00	70.00	77.50	74.50	73.50
v !	Nao ha	2.00	4.00	7.50	3.00	1.00
	007	008	009	010	011	012
	66.50	67.00	68.00	68.50	67.50	70.00
d !	66.50	67.00	68.00	68.50	67.50	70.00
v !	7.00	0.50	1.00	0.50	1.00	2.50
	013	014	015	016	017	018
	67.00	71.00	69.50	68.00	69.00	70.00
d !	67.00	71.00	69.50	68.00	69.00	70.00
v !	3.00	4.00	1.50	1.50	1.00	1.00
	019	020	021	022	023	024
	69.50	71.00	68.00	69.00	70.00	68.50
d !	69.50	71.00	68.00	69.00	70.00	68.50
v !	0.50	1.50	3.00	1.00	1.00	1.50
	025	026				
	69.50	69.50				
d !	69.50	69.50				
v !	1.00	0.00				

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE1.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:48)

3. CALCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

X Indbar	=	69.942	R Movbar	=	2.060
LSC X ind	=	75.422	LSC R mov	=	6.730
LIC X ind	=	64.462	LIC R mov	=	Nao ha

4. ANALISE DAS TENDENCIAS

Carta X ind com 1 amostras fora de controle
Carta R mov com 2 amostras fora de controle

Direita ou Acima do Terco Medio	=	5 (19.23 %)
Terco Medio	=	14 (53.85 %)
Esquerda ou Abaixo do Terco Medio	=	7 (26.92 %)

Nao ha tendencia de 7 pontos consecutivos

PROCESSO NAO ESTAVEL

- Novos dados ou revisao dos pontos
- Causas Especiais
- Decisao no local
- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

5. Verificacao da Normalidade da Distribuicao

Modelo Normal * ACEITAVEL * 1 Nivel de Significancia = 13.5 %

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE1.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:49)

6.CALCULOS EXTRAS

Especificacao de Engenharia

Maximo : 72.00

Minimo : 68.00

X Indbar : 69.942

Desvio Individual : Rbar/d2 : 1.826

Criterio : X Indbar +/- 3 * Sigma (99.730 %)
Lni = 64.464 Lns = 75.420

Criterio : X Indbar +/- 4 * Sigma (99.994 %)
Lni = 62.638 Lns = 77.246

Cp = 0.365

Cpk = 0.255

*** IMPORTANTE :

- Nao se deve analisar a capacidade de um
processo nao estavel

* (%) OBTIDA NA TABELA DA DISTRIBUICAO NORMAL :

Z superior = 1.127 Porcentagem acima LSE = 12.985

Z inferior = 1.064 Porcentagem abaixo LIE = 14.376

Porcentagem fora da especificacao = 27.361

Porcentagem dentro da especificacao = 72.639

* (%) VERIFICADA NA AMOSTRA (26 valores => 100 %) :

Porcentagem acima LSE (4 valores) = 15.385

Porcentagem abaixo LIE (4 valores) = 15.385

Porcentagem fora da especificacao (8 valores) = 30.769

Porcentagem dentro da especificacao (18 valores) = 69.231

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989

RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:UNIDADE1.CC Carta X

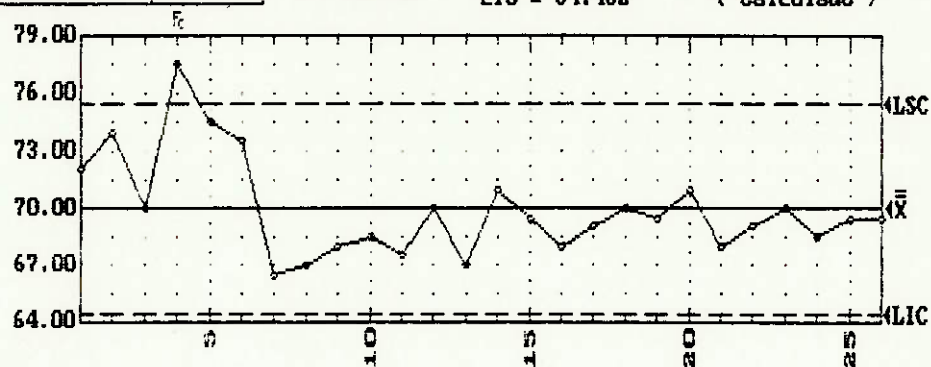
$\bar{X} = 69.942$

LSC = 75.422

(Calculado)

LIC = 64.462

(Calculado)



SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989

RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:UNIDADE1.CC Carta R

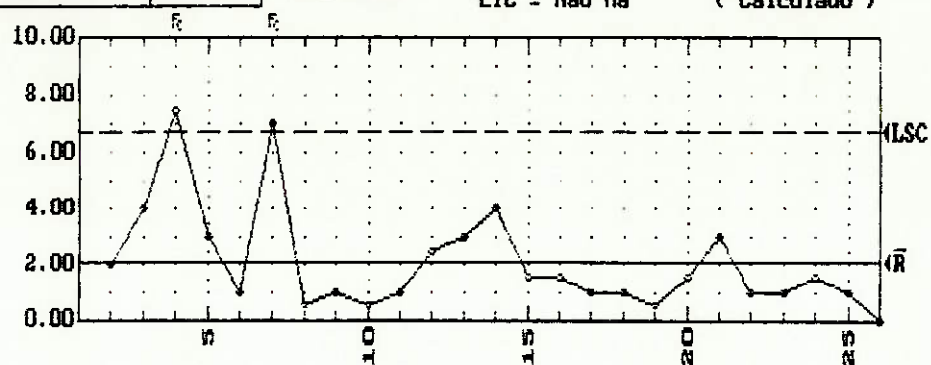
$\bar{R} = 2.060$

LSC = 6.730

(Calculado)

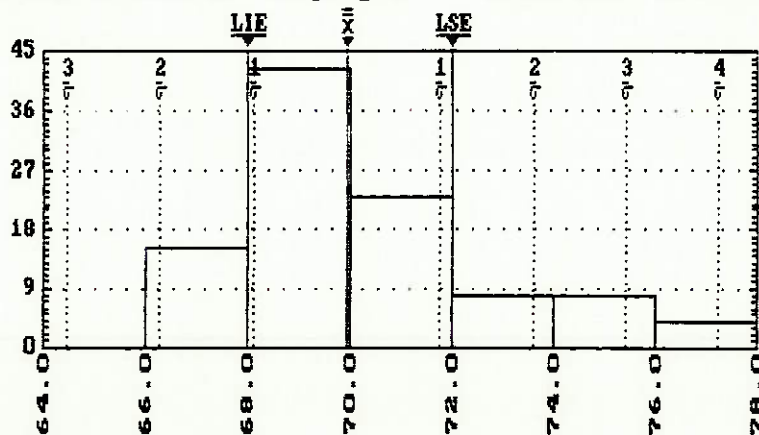
LIC = Nao ha

(Calculado)



SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989

RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO



HISTOGRAMA X

$\sigma' = 1.826$

LSE = 72.000

Med = 69.942

LIE = 68.000

ARQUIVO:
UNIDADE1.CC

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE2.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:53)

1. Identificacao da Amostra

Fabrica : UTN
Departamento : DEPP
Setor :
Linha :
Maquina : ESTOCAGEM
Operacao :
Peca :
Lado / Desenho :
Cliente :
Periodo : 2 SEM
Caracteristica : UMIDADE
Unidade : %

Num_Carta : 0001

2. Dados Coletados

Especificacao de Engenharia

Numero de Amostras	: 25	Maximo	: 72.00
Tamanho da Amostra	: 1	Minimo	: 68.00

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE2.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:53)

001	002	003	004	005	006
69.50	67.50	69.00	68.00	69.00	68.50
69.50	67.50	69.00	68.00	69.00	68.50
Nao ha	2.00	1.50	1.00	1.00	0.50
007	008	009	010	011	012
68.50	68.00	67.50	67.00	68.50	68.50
68.50	68.00	67.50	67.00	68.50	68.50
0.00	0.50	0.50	0.50	1.50	0.00
013	014	015	016	017	018
67.50	68.50	70.00	70.50	69.00	68.50
67.50	68.50	70.00	70.50	69.00	68.50
1.00	1.00	1.50	0.50	1.50	0.50
019	020	021	022	023	024
69.00	71.00	68.50	71.00	71.50	71.50
69.00	71.00	68.50	71.00	71.50	71.50
0.50	2.00	2.50	2.50	0.50	0.00
025					
71.00					
71.00					
0.50					

SoftCEP PLUS V3.01a VTB(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE2.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:53)

3. CALCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

X Indbar	=	69.080	R Movbar	=	0.979
LSC X ind	=	71.684	LSC R mov	=	3.198
LIC X ind	=	66.476	LIC R mov	=	Nao ha

4. ANALISE DAS TENDENCIAS

Carta X ind com 0 amostras fora de controle
Carta R mov com 0 amostras fora de controle

Direita ou Acima do Terco Medio	=	7 (28.00 %)
Terco Medio	=	12 (48.00 %)
Esquerda ou Abaixo do Terco Medio	=	6 (24.00 %)

7 pontos consecutivos em X ind abaixo da media, inicio: 2, final: 8

PROCESSO NAO ESTAVEL

- Novos dados ou revisao dos pontos
- Causas Especiais
- Decisao no local
- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

5. Verificacao da Normalidade da Distribuicao

Modelo Normal * ACEITAVEL * 1 Nivel de Significancia > 20 %

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE2.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:53)

6.CALCULOS EXTRAS

Especificacao de Engenharia

Maximo : 72.00
Minimo : 68.00

X Indbar : 69.080
Desvio Individual : Rbar/d2 : 0.868

Criterio : X Indbar +/- 3 * Sigma (99.730 %)
Lni = 66.476 Lns = 71.684

Criterio : X Indbar +/- 4 * Sigma (99.994 %)
Lni = 65.608 Lns = 72.552

Cp = 0.768
Cpk = 0.415

*** IMPORTANTE :

- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

* (%) OBTIDA NA TABELA DA DISTRIBUICAO NORMAL :

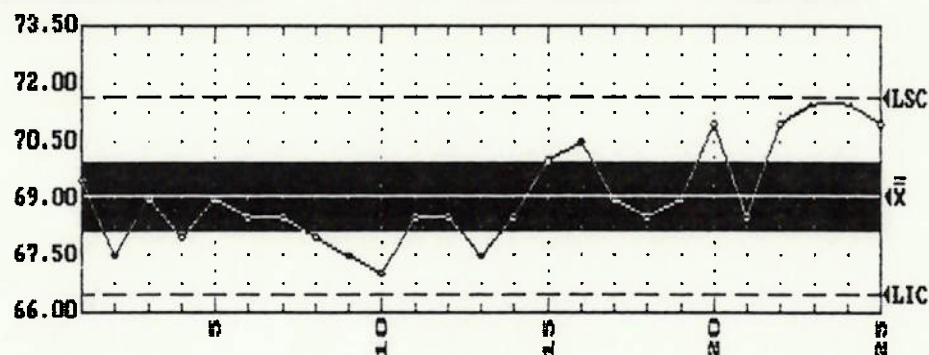
Z superior = 3.364 Porcentagem acima LSE = 0.039
Z inferior = 1.244 Porcentagem abaixo LIE = 10.670
Porcentagem fora da especificacao = 10.709
Porcentagem dentro da especificacao = 89.291

* (%) VERIFICADA NA AMOSTRA (25 valores => 100 %) :

Porcentagem acima LSE (0 valores) = 0.000
Porcentagem abaixo LIE (4 valores) = 16.000
Porcentagem fora da especificacao (4 valores) = 16.000
Porcentagem dentro da especificacao (21 valores) = 84.000

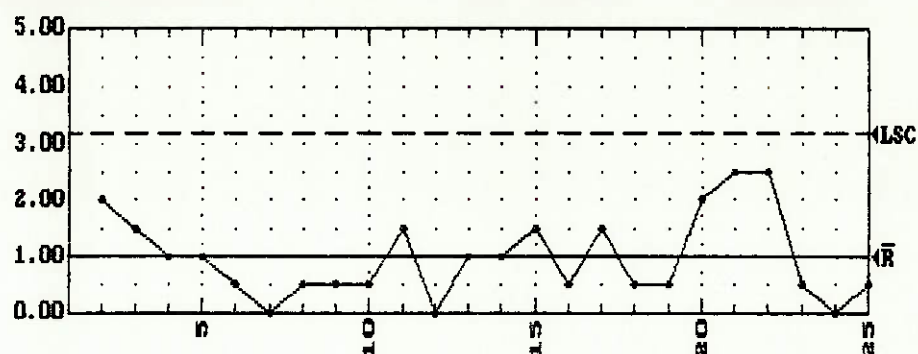
SoftCEP PLUS V3.01a UTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:UNIDADE2.CC Carta X $\bar{X} = 69.080$ LSC = 71.684 (Calculado)
LIC = 66.476 (Calculado)

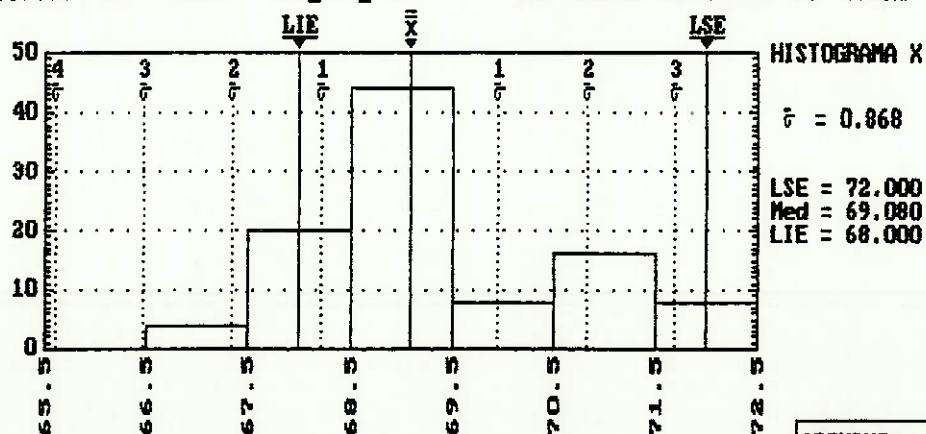


SoftCEP PLUS V3.01a UTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:UNIDADE2.CC Carta R $\bar{R} = 0.979$ LSC = 3.198 (Calculado)
LIC = Nao ha (Calculado)



SoftCEP PLUS V3.01a UTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO



HISTOGRAMA X

$\sigma' = 0.868$

LSE = 72.000
Med = 69.080
LIE = 68.000

ARQUIVO:
UNIDADE2.CC

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE3.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:57)

1. Identificacao da Amostra

Fabrica : UTN
Departamento : DEPP
Setor :
Linha :
Maquina : ESTOCAGEM
Operacao :
Peca :
Lado / Desenho :
Cliente :
Periodo : 2 SEM
Caracteristica : UMIDADE
Unidade : %

Num_Carta : 0001

2. Dados Coletados

Especificacao de Engenharia

Numero de Amostras : 19
Tamanho da Amostra : 1

Maximo : 72.00
Minimo : 68.00

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE3.CC

Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:58)

	001	002	003	004	005	006
!	70.50	70.00	68.50	70.00	70.00	67.50
!						
d !	70.50	70.00	68.50	70.00	70.00	67.50
v !	Nao ha	0.50	1.50	1.50	0.00	2.50
	007	008	009	010	011	012
!	71.00	71.00	71.00	71.00	70.00	68.50
!						
d !	71.00	71.00	71.00	71.00	70.00	68.50
v !	3.50	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50
	013	014	015	016	017	018
!	69.00	69.00	69.00	66.50	68.50	68.50
!						
d !	69.00	69.00	69.00	66.50	68.50	68.50
v !	0.50	0.00	0.00	2.50	2.00	0.00
	019					
!	70.50					
!						
d !	70.50					
v !	2.00					

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE3.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:58)

3. CALCULO DOS LIMITES DE CONTROLE

X Indbar	=	69.474	R Movbar	=	1.056
LSC X ind	=	72.283	LSC R mov	=	3.450
LIC X ind	=	66.665	LIC R mov	=	Nao ha

4. ANALISE DAS TENDENCIAS

Carta X ind com 1 amostras fora de controle
Carta R mov com 1 amostras fora de controle

Direita ou Acima do Terco Medio	=	6 (31.58 %)
Terco Medio	=	7 (36.84 %)
Esquerda ou Abaixo do Terco Medio	=	6 (31.58 %)

7 pontos consecutivos em X ind abaixo da media, inicio: 12, final: 18

PROCESSO NAO ESTAVEL

- Novos dados ou revisao dos pontos
- Causas Especiais
- Decisao no local
- Nao se deve analisar a capacidade de um processo nao estavel

5. Verificacao da Normalidade da Distribuicao

Modelo Normal * ACEITAVEL * 1 Nivel de Significancia > 20 %

SoftCEP PLUS V3.01a VTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

Arquivo : UMIDADE3.CC Modelo : X ind R

Data_Emissao_Relatorio: Quinta, 6 de Dezembro de 1990 (04:58)

6.CALCULOS EXTRAS

Especificacao de Engenharia

Maximo : 72.00
Minimo : 68.00

X Indbar : 69.474
Desvio Individual : Rbar/d2 : 0.936

Criterio : X Indbar +/- 3 * Sigma (99.730 %)
Lni = 66.666 Lns = 72.282

Criterio : X Indbar +/- 4 * Sigma (99.994 %)
Lni = 65.730 Lns = 73.218

Cp = 0.712
Cpk = 0.525

*** IMPORTANTE :

- Nao se deve analisar a capacidade de um
processo nao estavel

* (%) OBTIDA NA TABELA DA DISTRIBUICAO NORMAL :

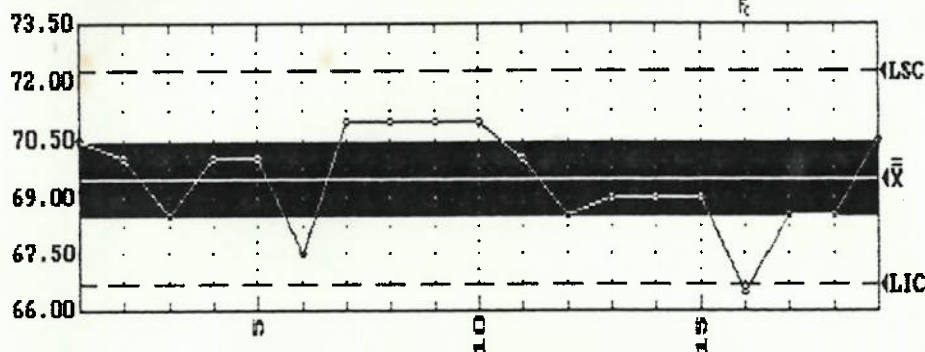
Z superior = 2.699 Porcentagem acima LSE = 0.349
Z inferior = 1.575 Porcentagem abaixo LIE = 5.765
Porcentagem fora da especificacao = 6.114
Porcentagem dentro da especificacao = 93.886

* (%) VERIFICADA NA AMOSTRA (19 valores => 100 %) :

Porcentagem acima LSE (0 valores) = 0.000
Porcentagem abaixo LIE (2 valores) = 10.526
Porcentagem fora da especificacao (2 valores) = 10.526
Porcentagem dentro da especificacao (17 valores) = 89.474

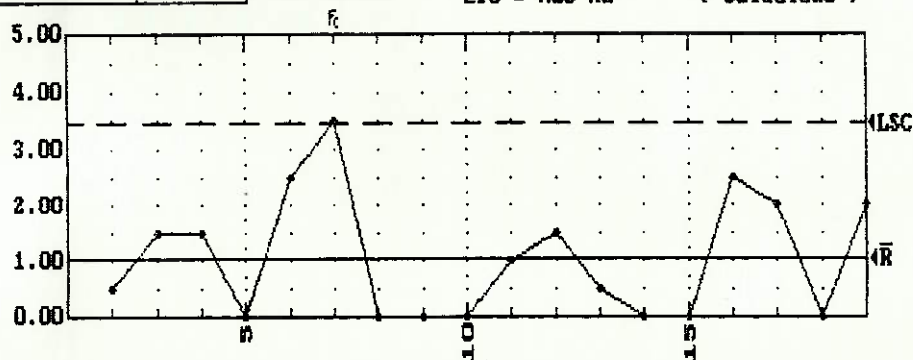
SoftCEP PLUS V3.01a UTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:UNIDADE3.CC Carta X $\bar{X} = 69.474$ LSC = 72.283 (Calculado)
LIC = 66.665 (Calculado)

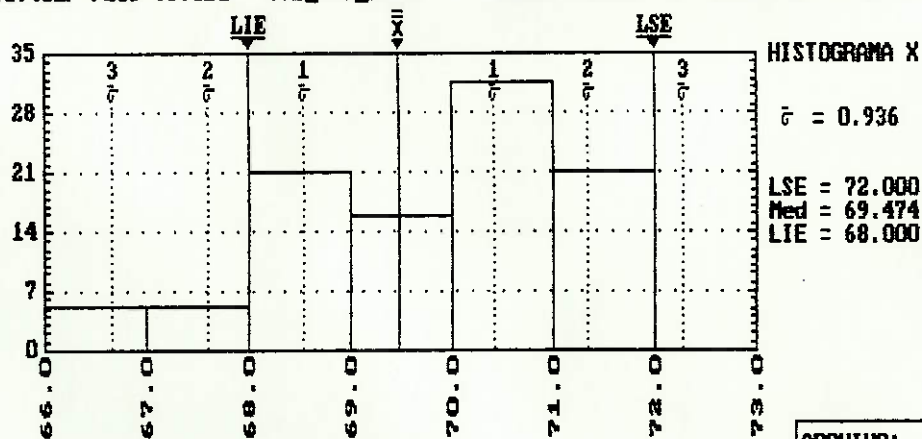


SoftCEP PLUS V3.01a UTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO

ARQ:UNIDADE3.CC Carta R $\bar{R} = 1.056$ LSC = 3.450 (Calculado)
LIC = Nao ha (Calculado)



SoftCEP PLUS V3.01a UTB_(c)_1989 RHODIA TEXTIL STO ANDRE AFI FIACAO



ARQUIVO:
UNIDADE3.CC