

UNESP
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

Guaratinguetá

1990



.. APLICAÇÃO DE PROCESSOS DE
SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO NO PROJETO DE
SISTEMAS TÉRMICOS

JEFFERSON ALMEIDA RIBEIRO

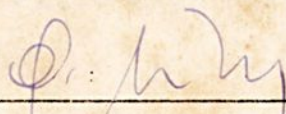


APLICAÇÃO DE PROCESSOS DE SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO
NO PROJETO DE SISTEMAS TÉRMICOS

JEFFERSON ALMEIDA RIBEIRO

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

ESPECIALIDADE: ENGENHARIA MECÂNICA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
TRANSMISSÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA E, APROVADA EM SUA FORMA FINAL
PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



Prof. Dr. PAULO MAGALHÃES FILHO

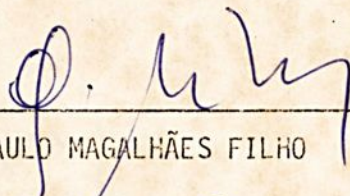
- Orientador -



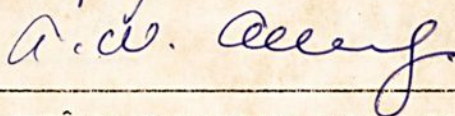
Prof. Dr. LUIZ ROBERTO CARROCCI

- Coordenador -

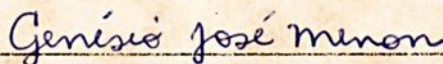
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. PAULO MAGALHÃES FILHO



Prof. Dr. ANTÔNIO WASHINGTON ALBINO DE SOUZA



Prof. Dr. GENÉSIO JOSÉ MENON



Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Departamento de Energia

APLICAÇÃO DE PROCESSOS DE SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO
NO PROJETO DE SISTEMAS TÉRMICOS

Orientador : Prof. Dr. Paulo Magalhães Filho

Trabalho apresentado à Comissão
de Pós Graduação da Faculdade
de Engenharia de Guaratinguetá
(UNESP), como um dos requisitos
para a obtenção do título de :
Mestre em Engenharia Mecânica.

FACULDADE DE ENGENHARIA
DE GUARATINGUETÁ
BIBLIOTECA

00197

Guaratinguetá - 1990

CARO LEITOR NÃO
RISQUE O LIVRO



Jefferson Almeida Ribeiro

Engenheiro Mecânico - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

UNESP - 1986

Título : " Aplicação de Processos de Simulação e Otimização no
Projeto de Sistemas Térmicos "

Guaratinguetá - 1990



Agradecimentos

Os meus mais sinceros agradecimentos são para todos aqueles que de alguma forma me ajudaram a atingir este objetivo; em especial aqueles que me estenderam a mão e me incentivaram em cada passo dessa jornada.

Agradeço também aos amigos :

Prof. Dr. Nelson Múrcia

Edson Nicoli

Ieda Maria Siggelkow de Almeida Perrela

Prof. Aury de Sá Leite

Marco Antônio Gomes



Dedicatória

Síntese

Abstract

Símbolos

Dedico este Trabalho às pessoas que foram de fundamental importância na sua realização :

Capítulo I : Introdução

_aos meus pais Reynaldo e Glória, pelo apoio e incentivo e por acreditarem no meu futuro;

_ao meu Orientador Acadêmico e de Dissertação Prof. Dr. Paulo Magalhães Filho, por seu apoio, participação, instrução, dedicação e incentivos.



Sumário

Sinopse

Abstract

Simbologia

Lista de Figuras

Lista de Tabelas e Quadros

Capítulo I : Introdução

I.1. Generalidades

I.2. Condicionamento de Ar

I.3. Condições Ambientais e de Conforto

Capítulo II : Simulação de Sistemas

II.1. Objetivos da Simulação de Sistemas

II.2. Modelagem de Sistemas

II.3. Métodos de Resolução

II.4. Simulação Computacional

II.5. Otimização

Capítulo III : Simulação do SISTEMA tipo CLEAN ROOM

III.1. Os Objetivos

III.2. A Modelagem Proposta

III.3. O Método Gráfico

III.4. As Equações Governantes

III.5. O Diagrama de Fluxo de Informações

III.6. O Método de Resolução Adotado



Capítulo IV : Desenvolvimento Computacional

IV.1. Os Objetivos

IV.2. Os Passos Computacionais

IV.3. As Considerações Práticas e Teóricas

IV.4. O Algoritmo Computacional

IV.5. Os Resultados Teóricos

Capítulo V : Simulação Experimental

V.1. O Sistema Real Simulado

V.2. Características da Bancada de Testes

V.3. Os Resultados Experimentais

Capítulo VI : Comparação dos Resultados e Conclusões

VI.1. A Comparação dos Resultados

VI.2. Conclusões

Apêndice A : Ar Externo Necessário para Insuflamento

Apêndice B : Relatório de Temperaturas em Guaratinguetá

Apêndice C : Relatório de Umidades do Ar em Guaratinguetá

Apêndice D : Condições Internas de Conforto no Verão

Apêndice E : Condições Internas de Conforto no Inverno

Apêndice F : Condições Internas para Fins Industriais

Apêndice G : Arquivos do Banco de Dados

Apêndice H : Algoritmos Computacionais para Simulação

Bibliografia

índice



Sinopse

Este trabalho apresenta um algoritmo computacional para previsão do consumo energético de um sistema de condicionamento de ar, utilizando técnica de simulação, através de uma modelagem matemática representada por equações de balanços energéticos e de massa, tendo como resultados, gráficos representativos do comportamento das potências consumidas pelos ventiladores e compressor do sistema, numa faixa de variação de determinados parâmetros.



Abstract

This scientific work presents a computational algorithm for prediction of energy demand of an Air Conditioning System, utilizing simulation technique, by mathematical modeling represented by equations of energetic and mass balances, having as results, graphics of the power perform demanded by the fans and compressor of the system, in a change range of determined parameters.

Simbologia

(a)	ponto próximo ao ponto x na expansão de Taylor	
a	coeficiente do polinômio ajustado a curva de $\dot{W}_{AR1}$	
b	coeficiente do polinômio ajustado a curva de $\dot{W}_{AR1}$	
c	coeficiente do polinômio ajustado a curva de $\dot{W}_{AR1}$	
Clv	calor latente de vaporização da água	[kJ.kg ⁻¹]
Cp	calor específico do ar à P = cte	[kJ.kg ⁻¹ .°C ⁻¹]
D	determinante da matriz das variações	
D $\dot{m}_{AR1}$	determinante da variável $\dot{m}_{AR1}$	
D T_{AR1}	determinante da variável T_{AR1}	
f ₁	função a ser zerada na técnica de Newton-Raphson	
f ₂	função a ser zerada na técnica de Newton-Raphson	
F _j	função de transferência j : j = 1, ... , 11	
fcs	fator de calor sensível do recinto	
g	aceleração da gravidade	[m.s ⁻²]
h	entalpia específica	[J.kg ⁻¹]
Ht ₁	perda de carga no circuito de ar 1	[m]
Ht ₂	perda de carga no circuito de ar 2	[m]
I ₁	entrada de um Diagrama de fluxo de informação	
I ₂	entrada de um Diagrama de fluxo de informação	
$\dot{m}$	vazão mássica de um fluido	[kg.s ⁻¹]
n	expoente politrópico para o Freon 12	
O ₁	saída de um Diagrama de fluxo de informação	
O ₂	saída de um Diagrama de fluxo de informação	
P	pressão absoluta	[kPa]
Q	carga térmica no recinto (sala)	[watts]
Qs	calor sensível	[watts]
Ql	calor latente	[watts]
T	temperatura de bulbo seco	[°C]
w	conteúdo de umidade	[kg.kg _{ar} seco ⁻¹]
(x)	ponto da função	
x _k	variável k da função y : k = 1, ... , 3	
X ₁	entrada de um bloco de um Diag. fluxo de inform.	
X ₂	entrada de um bloco de um Diag. fluxo de inform.	
X ₃	entrada de um bloco de um Diag. fluxo de inform.	



y	função da variável x	
y'	derivada de 1a. ordem da função y	
y(p)	valor da função y no ponto p : p = (a), (x), ...	
Y ₁	saída de um bloco de um Diag. fluxo de inform.	
Y ₂	saída de um bloco de um Diag. fluxo de inform.	
Ø	umidade relativa do ar	[%]
η	rendimento térmico	
Δ $\dot{m}_{AR1}$	variação da variável $\dot{m}_{AR1}$	[kg.s ⁻¹]
ΔT _{AR1}	variação da variável T _{AR1}	[°C]
	derivada de uma função	

índices :

ar	ar atmosférico	
A	ponto do ciclo do Freon 12 antes do compressor	
AR1	ar de insuflamento num recinto	
AR2	ar de resfriamento do Freon 12 no condensador	
B	ponto do ciclo do Freon 12 após compressor	
c	valor exato da função	
C	ponto do ciclo do Freon 12 após condensador	
D	ponto do ciclo do Freon 12 após válvula de expansão	
EX	ar externo	
I	insuflamento	
R12	Freon 12	
S	sala (recinto)	
t	valor experimental da função	



Lista de Figuras

Fig.1 : Diagrama de Pressão X Entalpia do ciclo padrão de compressão a vapor.....	pag.3
Fig.2 : Esquema do ciclo padrão de compressão a vapor.....	pag.4
Fig.3 : Carta Psicrométrica.....	pag.5
Fig.4 : Representação Esquemática de um Sistema tipo CLEAN ROOM.....	pag.9
Fig.5 : Pontos Principais no Condicionamento de Ar.....	pag.9
Fig.6 : Um bloco de um Diagrama de fluxo de informações.....	pag.16
Fig.7 : Exemplo de um Diagrama de fluxo de informações.....	pag.17
Fig.8 : Exemplo de um Diagrama de fluxo de informações com cálculos sequenciais.....	pag.17
Fig.9 : Exemplo de um Diagrama de fluxo de informações com um loop entre F ₄ e F ₅	pag.18
Fig.10 : Representação Esquemática do Sistema CLEAN ROOM.....	pag.26
Fig.11 : Pontos principais de Estudo no Projeto de um sistema tipo CLEAN ROOM.....	pag.27
Fig.12 : Método Gráfico de obtenção do ponto de insuflamento.....	pag.28
Fig.13 : Representação de Variáveis do sistema CLEAN ROOM.....	pag.30
Fig.14 : Representação Esquemática do Sistema tipo CLEAN ROOM e diagrama P X h do ciclo de compressão a vapor.....	pag.31
Fig.15 : Diagrama de fluxo de informações do sistema tipo CLEAN ROOM modelado.....	pag.33
Fig.16 : Representação Esquemática de temperaturas.....	pag.43
Fig.17 : Família de Curvas para PCOMP x TEX (FIEX= 50% ; Q= 3000 W).....	pag.47
Fig.18 : Família de Curvas para PVENT1 x TEX (FIEX= 50% ; Q= 3000 W).....	pag.48
Fig.19 : Família de Curvas para PVENT2 x TEX (FIEX= 50% ; Q= 3000 W).....	pag.48
Fig.20 : Família de Curvas para PCOMP x TEX (FIEX= 50% ; FCS= 0,70).....	pag.50
Fig.21 : Família de Curvas para PVENT1 x TEX (FIEX= 50% ; FCS= 0,70).....	pag.50
Fig.22 : Família de Curvas para PVENT2 x TEX (FIEX= 50% ; FCS= 0,70).....	pag.51
Fig.23 : Família de Curvas para PCOMP x TEX (Q= 3000 W ; FCS= 0,70).....	pag.52



Fig.24 : Família de Curvas para PVENT1 x TEX (Q= 3000 W ; FCS= 0,70).....	pag.53
Fig.25 : Família de Curvas para PVENT2 x TEX (Q= 3000 W ; FCS= 0,70).....	pag.53
Fig.26 : Esquema da Bancada de Testes para Simulação Experimental.....	pag.59
Fig.27 : Curva dos Testes na Bancada de Ensaio.....	pag.61
Fig.28 : Função de Controle do Compressor.....	pag.63

Tabela 1 : Tabela de Testes para Validade de Ar Condicionado.....pag.64

Quantos 2

Quadro 1 : Tabela Simulação de Resultados de Simulação.....pag.65

Quadro 2 : Tabela Simulação de Resultados de Simulação.....pag.66

Quadro 3 : Tabela Geral de Resultados Simulação.....pag.67

Lista de Tabelas e Quadros

Tabelas :

Tab.1 : Tab. Compacta de Resultados Simulados (FCS= (0,7 ; 0,75 ; 0,8)).....	pag.47
Tab.2 : Tab. Compacta de Resultados Simulados (Q= (1000 W ; 3000 W ; 5000 W ; 10000 W))..	pag.49
Tab.3 : Tab. Compacta de Resultados Simulados (FIEX= (50% ; 60% ; 70% ; 80%)).....	pag.52
Tab.4 : Tab. de Testes para Unidade de Ar Condicionado.....	pag.60

Quadros :

Quadro 1 : Tab. Resumida de Resultados da Simulação.....	pag.54
Quadro 2 : Tab. Completa de Resultados da Simulação.....	pag.55
Quadro 3 : Tab. Geral de Resultados Simulados.....	pag.57

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO



Capítulo I: Introdução

1.1. Generalidades

A refrigeração é o processo de remoção de calor de um corpo, geralmente um gás ou líquido, para que ele permaneça a uma temperatura inferior à do ambiente.

Um sistema de refrigeração é constituído por um fluido refrigerante que circula num ciclo fechado, absorvendo calor no espaço a ser refrigerado e libertando-o para o ambiente exterior através de um trocador de calor.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Um sistema de refrigeração é constituído por um fluido refrigerante que circula num ciclo fechado, absorvendo calor no espaço a ser refrigerado e libertando-o para o ambiente exterior através de um trocador de calor.

1.1.1. Conceitos Básicos

Para um sistema de refrigeração ser considerado eficiente, é necessário que ele apresente uma baixa taxa de consumo de energia por unidade de calor removido.

Capítulo I : Introdução

I.1. Generalidades

A refrigeração é o processo de retirada de calor de um corpo (ou espaço ou fluxo) e sua transferência para um outro corpo com uma determinada finalidade.

Um método primitivo de refrigeração era guardar gelo natural de rios e lagos congelados, em cavernas, poços revestidos de palha ou prédios isolados com serragem, durante o inverno; utilizando-o depois para resfriar bebidas e alimentos quando necessário. Tal processo era utilizado porque já se sabia que o calor sempre flui naturalmente de um corpo (uma fonte) mais quente para um corpo (um reservatório) mais frio.

Um outro método, utilizado com a finalidade de manter fria a água, era guardá-la em jarros de barro semi-poroso. Desse modo a água infiltra-se através das paredes do jarro e se evapora; sendo que esse processo de evaporação retira calor da água remanescente no jarro, mantendo-a fria [Ref.1].

I.1.1. Conceitos Básicos

Para um estudo a respeito de refrigeração e suas aplicações, são de interesse alguns conceitos básicos, tais como :



_calor sensível , que é a quantidade de calor que se retira ou fornece a um corpo (ou substância), a qual pode ser medida através de uma variação na temperatura deste corpo;

_calor latente , que é a quantidade de calor que se retira ou fornece a um corpo durante a mudança de estado físico deste corpo, a uma determinada temperatura constante;

_calor específico , que é a quantidade de calor necessária para se alterar a temperatura de uma unidade de massa de um corpo, em um grau de temperatura, e

_carga térmica , que é a quantidade de calor latente mais a quantidade de calor sensível que devem ser retiradas de determinado espaço (ou fluxo), a fim de mantê-lo sob certas condições desejadas e/ou especificadas.

I.1.2. Princípios Básicos

O princípio básico de um sistema de refrigeração repousa no emprego de um fluido refrigerante, cujo ponto de evaporação situa-se a baixos níveis de temperatura para certas faixas de pressão.

Esta característica do fluido refrigerante é essencial para que se possa retirar calor de uma fonte (um corpo, espaço ou fluxo) num nível baixo de temperatura através da evaporação deste fluido refrigerante.

Os pontos de evaporação do fluido refrigerante são, portanto, previamente conhecidos para vários valores de pressão, isto é, são conhecidas as características pressão-temperatura do fluido.



Através de dispositivos mecânicos podemos controlar a pressão do fluido refrigerante em qualquer ponto desejado do sistema, e conseqüentemente teremos controlado também as temperaturas destes pontos.

Podemos empregar num sistema de refrigeração, além de outros, um ciclo de compressão a vapor para essa finalidade (Fig.1).

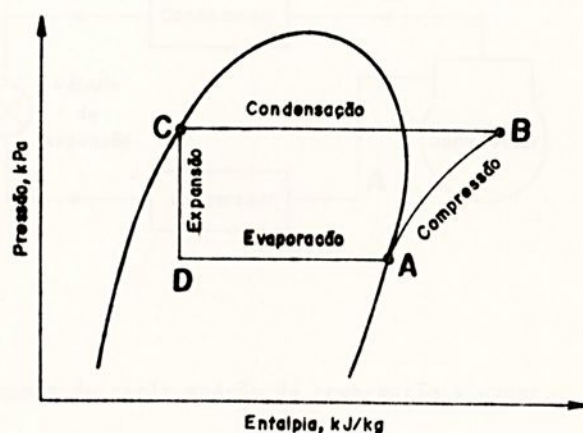


Fig.1 : Diagrama de Pressão X Entalpia do ciclo padrão de compressão a vapor.

No ciclo básico de compressão a vapor, o fluido refrigerante, fluindo sob a forma de vapor, passa pelo compressor, o qual aumenta a sua pressão. Depois o vapor irá para o condensador, onde todo o calor absorvido pelo sistema de refrigeração, mais o equivalente em calor da energia mecânica necessária de se fornecer ao sistema para o seu funcionamento, devem ser eliminados (transferidos) através da condensação do fluido refrigerante [Ref.2].

Posteriormente o fluido refrigerante (no estado líquido) passa pela válvula de expansão, onde sua pressão é diminuída e sua vazão é regulada. A seguir o fluido vai para o evaporador, onde se evaporará à baixa pressão e temperatura, retirando, então, calor de uma fonte desejada (Fig.2).

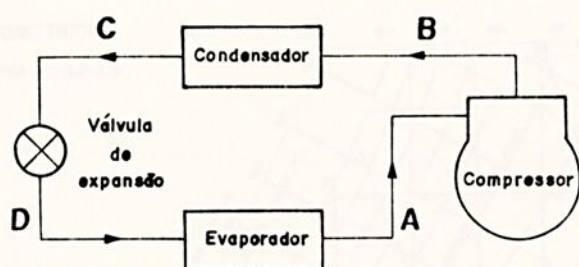


Fig.2 : Esquema do ciclo padrão de compressão a vapor.

I.2. Condicionamento de Ar

O ar é uma mistura de oxigênio, nitrogênio, uma pequena proporção de gases raros e quantidades variáveis de vapor d'água. Sob o ponto de vista do seu condicionamento podemos considerar o ar como sendo uma mistura binária ar-vapor d'água.

A temperatura e a umidade do ar estão relacionadas entre si através das propriedades fundamentais do vapor d'água, o que quer dizer, que a uma dada temperatura da mistura ar-vapor, cada metro cúbico de ar é capaz de conter uma massa bem determinada de vapor d'água em determinada pressão.



Devido à mistura seguir leis bem definidas, suas condições podem ser representadas graficamente através de uma carta psicrométrica (Fig.3) . Isto evita, muitas vezes, a realização de cálculos trabalhosos.

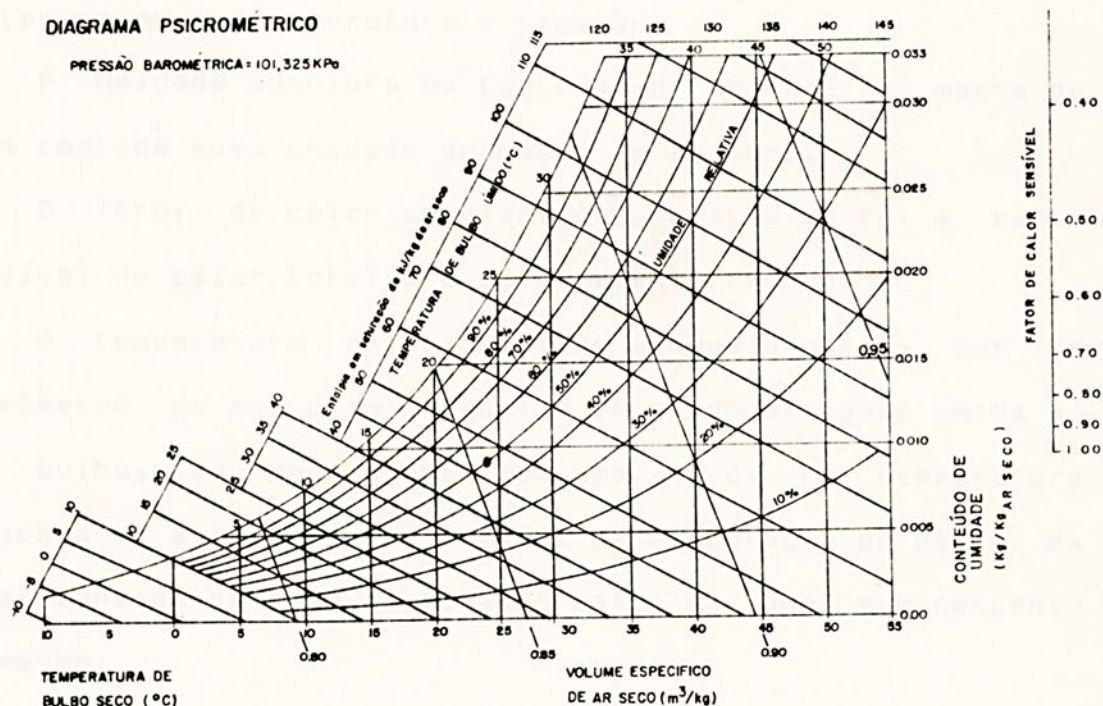


Fig.3 : Carta Psicrométrica.

Apesar de terem sido consideradas algumas hipóteses simplificadoras no processo de obtenção da carta psicrométrica, a sua precisão é bastante razoável para a maioria das aplicações em engenharia.

Na carta psicrométrica, os gráficos mostram as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, a umidade relativa do ar, além de outras escalas auxiliares de grande utilidade, que fornecem dados de umidade absoluta, fator de calor sensível e entalpia.

A umidade relativa é o grau de saturação do ar, ou seja, é a razão entre a quantidade de vapor d'água contida no ar pela quantidade máxima de vapor que o ar poderia conter na mesma temperatura e pressão.

A umidade absoluta ou conteúdo de umidade é a massa de água contida numa unidade de massa de ar seco.

O fator de calor sensível é a relação entre a parte sensível do calor total e o calor total trocado.

A temperatura de bulbo úmido é aquela obtida por um termômetro de mercúrio no qual é colocado uma gaze úmida no seu bulbo, de modo a obter-se uma queda na temperatura indicada - a qual ocorre através da evaporação de parte da água contida na gaze, retirando calor da água remanescente no mesmo.

A temperatura de bulbo seco é aquela obtida normalmente por um termômetro de mercúrio.

I.2.1. Sistemas de Condicionamento

O condicionamento de ar para conforto é definido como sendo o processo de controle da temperatura, umidade, pureza e distribuição de ar de um recinto, a fim de proporcionar aos seus ocupantes uma sensação de conforto.



Tal processo compreende aquecimento, refrigeração, umidificação, desumidificação, circulação e filtragem [Ref.3]. *SEVES, H.W., FELLOWS, J.W.*

O condicionamento industrial, visa além da manutenção das condições mínimas de conforto e salubridade para os trabalhadores, o controle das condições do ar em determinados processos industriais.

Podemos ter sistemas de condicionamento central, onde filtros, ventiladores, lavadores e máquinas de refrigeração situam-se num local central.

Geralmente afastados das áreas a condicionar, este tipo de sistema além de requerer menor custo inicial, possibilita uma manutenção menos incômoda aos ocupantes dos recintos condicionados, além de proporcionar menores níveis de ruído; o ar, então, é distribuído através de dutos para as áreas requisitantes.

Nas unidades compactas de condicionamento todo o equipamento necessário para o condicionamento encontra-se num único envólucro, construído normalmente em pequeno porte; e várias unidades destas podem ser necessárias para um determinado recinto.

Cada espaço ou edificação apresenta uma necessidade individual a ser suprida e, portanto, devem ser avaliadas condições físicas e cargas reais de aquecimento, e estabelecidas as exigências de refrigeração.

Além disso, devem ser apreciadas as características estruturais da edificação, comportamento térmico e resposta correspondente do sistema, antes de se determinar qual o sistema a utilizar.



O condicionamento de ar para propósito de conforto humano depende também das atividades dos indivíduos situados num recinto ou em mais de um recinto.

Atividades diferentes podem requerer condicionamentos diferentes, e poderá ser necessário um sistema de zoneamento, se dispusermos de um sistema central de condicionamento.

I.2.2. Sistema tipo Clean Room

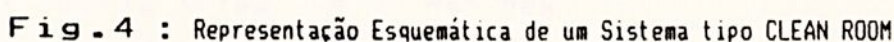
Para que um ambiente possa ser considerado limpo e confortável, é necessário que se garanta a qualidade do ar do mesmo. Para isso, pode ser necessário a remoção total de um contaminante ou apenas a diluição desse.

Entretanto, a vazão mínima de ar externo para qualquer insuflamento deve ser da ordem de 20% da vazão total de ar insuflado. São comuns normas que impõem ventilação com 100% de ar externo, além de limitar os níveis de umidade para condicionamento de certos recintos [Ref.1].

Em salas de cirurgias em hospitais, por exemplo, é necessário que o ar insuflado seja totalmente externo, sendo condicionado, então, para satisfazer as condições internas especificadas, de conforto e sanidade, antes de ser entregue ao recinto.

Nesses casos, não há recirculação do ar que é condicionado, e podemos enquadrá-lo na categoria CLEAN ROOM de condicionamento de ar (Fig.4).





A partir da observação do esquema da Fig.5, podemos visualizar o que ocorre neste sistema de condicionamento de ar.



Na Fig.5 os pontos "F", "I", "E" e "S" representam, respectivamente, o foco da Carta Psicrométrica e as condições do ar de insuflamento, externo e do recinto (sala).

Num regime de verão temos geralmente :

$$T_s < T_{ex} \quad e \quad w_s < w_{ex}$$

onde, w é o conteúdo de umidade do ar.

Para mantermos as condições T_s e w_s no recinto, devemos insuflar ar nos mesmos nas condições T_i e w_i , que serão alteradas de acordo com os ganhos de calor sensível (Q_s) e latente (Q_l).

É necessário determinar, então, a quantidade de calor ganho pelo ar insuflado dentro do recinto (carga térmica da sala), mais a quantidade de calor a ser retirada do ar externo.

Os fatores principais que afetam a carga térmica no interior do recinto são :

- _transmissão de calor devido a diferenças de temperaturas, através das paredes do recinto;
- _transmissão de calor através de vidros das janelas do recinto, ou absorção da radiação solar por elementos opacos;
- _infiltração de ar externo no recinto, fornecendo ou retirando calor do mesmo;
- _geração interna de calor no recinto, resultante da liberação de calor de pessoas, luzes, equipamentos e outros elementos.



I.3. Condições Ambientais e de Conforto

Qualquer substância diferente das que normalmente constituem o ar atmosférico pode ser denominada contaminante. Componentes normais também podem ser assim denominados se suas concentrações ultrapassarem determinados limites.

Um indivíduo também contamina o ar de um meio, quer seja pela emissão de CO_2 , quer seja pela emissão de odores e outros gases. Além disso, um indivíduo elimina H_2O , o que faz aumentar a umidade relativa do ar contribuindo para uma sensação de desconforto no meio.

O conforto térmico de um indivíduo, depende também das trocas de calor sensível e latente entre seu corpo e o meio em que se encontra.

I.3.1. Ar Externo Necessário

Em ambientes normais, onde o único contaminante é o homem com seus hábitos, o insuflamento de ar externo necessário para um recinto - para remover odores e fumos - pode ser calculado por vários processos, tais como na base do m^3/hora por pessoa.

No apêndice A [Ref.4], encontra-se alguns valores recomendáveis para insuflamento de ar externo num recinto, dependendo da atividade no mesmo.



1.3.2. Temperatura e Umidade do Ar

Países com dimensões continentais, podem apresentar uma variedade de climas, e conseqüentemente uma variedade de condições ambientais - temperaturas e umidades do ar. O Brasil, por exemplo, possui uma gama de condições climatológicas.

Esta gama de condições vai desde as altas temperaturas da região Norte, até as baixas temperaturas da região Sul, e das umidades relativas extremamente baixas da região Centro-Oeste, até as umidades extremamente elevadas da região Amazônica.

Portanto, para cada região de interesse, temos condições ambientais específicas para a mesma, as quais podem variar também em função da estação do ano considerada.

Nos apêndices B e C [Ref.5] encontram-se alguns dados climatológicos para a região do Vale do Paraíba, Estado de São Paulo.

1.3.3. Conforto Interno

A manutenção da temperatura do corpo de um indivíduo, por volta de $36,8^{\circ}\text{C}$, é fundamental para o seu organismo.

Uma pessoa sentirá conforto térmico se o seu organismo não sentir dificuldade em manter o balanço térmico do seu metabolismo em equilíbrio.

Entretanto, as condições de conforto térmico de um recinto dependem também das condições ambientais externas.



Portanto, a época do ano é importante para se definir as condições de conforto a serem mantidas num recinto.

No apêndice D [Ref.6] encontram-se as condições internas de conforto recomendadas para um recinto durante o verão (ou em condições de verão), em função de condições ambientais externas.

Para épocas de inverno, outras condições de conforto são especificadas. No apêndice E [Ref.6] encontra-se as condições de conforto recomendadas para alguns recintos durante o inverno.

I.3.4. Ambientes Industriais

Para ambientes industriais as condições internas a serem mantidas são especificadas sob o ponto de vista da finalidade a que se destina o recinto.

O ideal seria uma conciliação entre as condições de conforto dos indivíduos no recinto e as condições que atendam a finalidade do mesmo.

Como na maioria dos casos não é possível essa conciliação, prevalecem sempre as condições que atendam a finalidade do recinto.

No apêndice F [Ref.7] encontram-se as condições internas recomendadas para fins industriais de alguns recintos.



Capítulo II : Simulação de Sistemas

CAPÍTULO II

SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

II.1: Objetivos da Simulação de Sistemas

O termo simulação de sistemas refere-se ao uso de um modelo matemático para representar o comportamento de um sistema real. Este modelo é utilizado para prever o desempenho do sistema sob condições variáveis, permitindo a análise de diferentes alternativas de projeto e a identificação de possíveis problemas antes da implementação física do sistema.

Capítulo II : Simulação de Sistemas

Um sistema é um conjunto de componentes no qual os parâmetros de desempenho estão inter-relacionados.

Os sistemas podem classificar-se em contínuos ou discretos. Num sistema contínuo, o fluxo através do sistema é o de um meio contínuo, como um fluido, por exemplo. Num sistema discreto os fluxos são tratados como sendo um certo número de partes inteiras.

Outra classificação para os sistemas é eles serem probabilísticos ou determinísticos. Numa análise probabilística as condições variam segundo uma distribuição de probabilidades. Numa análise determinística as condições são valores bem determinados.

Os sistemas podem ainda serem analisados em regime permanente ou em regime transiente. Análises transientes são mais úteis para estudos de sistemas de controle, a fim de evitar condições instáveis de operação. Para sistemas térmicos, a análise após ser atingido o regime permanente é uma opção para se obter resultados mais consistentes [Ref.8].

II.1. Objetivos da Simulação de Sistemas

O termo simulação de sistemas significa a observação de um sistema sintético que represente o funcionamento e o desempenho de um sistema real.



A simulação de um sistema consiste no cálculo das variáveis operacionais deste, operando em regime uniforme, tal que todos os balanços de energia e massa, todas as equações de estado das substâncias de trabalho, e as características de desempenho de todos os componentes sejam satisfeitos.

A simulação de um sistema assume o conhecimento das características de desempenho de todos os componentes do sistema.

A utilização da simulação de sistemas se faz presente em situações em que não é possível ou não é econômico observar-se o desempenho de um sistema real. Outra situação é quando o sistema está em fase de projeto e se deseja conhecer, previamente, qual será o desempenho do mesmo.

Se o desempenho dos componentes de um sistema são bem conhecidos, o processo de simulação pode apontar causas de problemas operacionais ou mostrar como a eficiência do sistema pode ser melhorada [Ref.9].

Análises de otimização e análises econômicas podem e/ou devem ser feitas por toda uma faixa de condições operacionais.

II.2. Modelagem de Sistemas

O mundo físico, por ser muito complexo, é também difícil de ser descrito precisamente. Por isso, uma das conquistas mais importantes da engenharia foi o desenvolvimento de modelos dos fenômenos físicos.



Os modelos, embora com aproximações, fornecem descrições suficientemente precisas e meios viáveis de se obter soluções.

A modelagem é, portanto, o processo pelo qual pode-se descrever os fenômenos físicos, químicos e outros, de um determinado sistema, a fim de se conseguir realizar uma análise suficientemente precisa, através da simulação do sistema [Ref.8].

II.2.1. Diagramas de Fluxo de Informação

O diagrama de fluxo de informação (D.F.I.) é uma ferramenta útil em simulação. Um diagrama de blocos de um sistema é um diagrama de fluxo de informação, onde cada bloco (Fig.6) representa o cálculo de uma determinada saída, quando se conhece a entrada do mesmo.

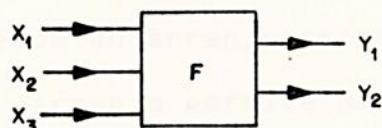


Fig.6 : Um bloco de um D.F.I.

Na Fig.6 X_1 , X_2 e X_3 constituem a entrada do bloco e Y_1 e Y_2 constituem a saída do mesmo.

Os blocos podem representar funções, expressões, ou mesmo, um dado de tabela, que permitam o cálculo de determinadas variáveis; e são chamados de funções de transferência (F) [Ref.10].

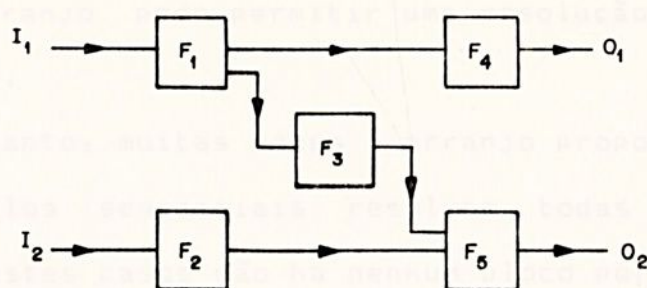


Fig.7 : Exemplo de um D.F.I.

Na Fig.7 o diagrama de fluxo de informação tem as informações de entrada I_1 e I_2 , e as informações de saída O_1 e O_2 , obtidas com as funções de transferência F_1 , F_2 , F_3 , F_4 e F_5 .

II.3. Métodos de Resolução

O método de resolução a ser empregado na simulação de um sistema depende do arranjo proposto na sua modelagem.

Quando o arranjo permite um cálculo numérico direto desde um primeiro até um último componente do sistema, podemos efetuar cálculos sequenciais, onde a informação de saída de um componente é tudo o que se necessita para se calcular a saída do componente seguinte, e assim por diante.

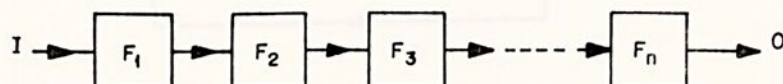


Fig.8 : Exemplo de um D.F.I. com cálculos sequenciais.

A Fig.8 representa um diagrama de fluxo de informação, onde o arranjo pode permitir uma resolução por cálculos sequenciais.

Entretanto, muitas vezes o arranjo proposto não permite que cálculos sequenciais resolvam todas as etapas do sistema. Nestes casos não há nenhum bloco por onde o cálculo possa começar e seguir sequencialmente através dos outros até um último bloco.

Algumas funções de transferência deverão ser resolvidas simultaneamente, o que consiste numa operação mais complexa e que pode requerer uma resolução simultânea de equações algébricas não lineares.

A maioria dos métodos de resolução simultânea é de substituição sucessiva. Eles começam com as condições de entrada de um primeiro bloco e prosseguem até alcançar um bloco de cálculo onde uma ou mais variáveis de entrada serão temporariamente incógnitas (pois serão variáveis de saída de um bloco de cálculo mais adiante) [Ref.11].

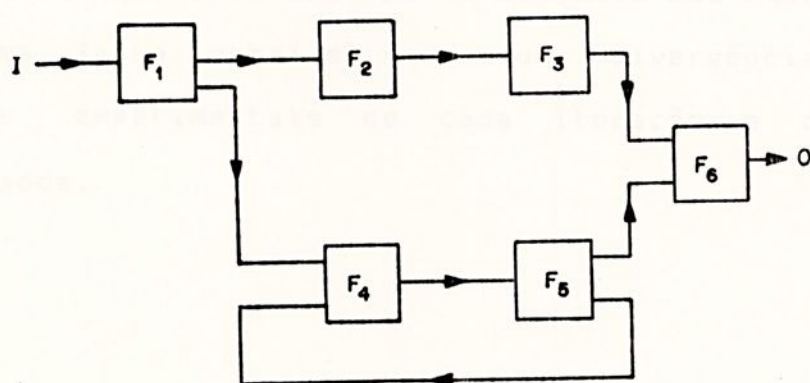


Fig.9 : Exemplo de um D.F.I. com um loop entre F_4 e F_5 .

Na Fig.9, a entrada da função de transferência F_4 será temporariamente incógnita até que a saída da função de transferência F_5 seja determinada.

Assume-se para o bloco de F_4 valores experimentais para as variáveis incógnitas de entrada deste e prossegue-se o cálculo.

Assim que forem realizados os cálculos do bloco de F_5 , os valores calculados - que eram variáveis incógnitas de F_4 - são enviados de volta a este bloco e são refeitos os cálculos com estes novos valores.

Os cálculos se iterarão ao redor de um "loop" (laço) por F_4 e F_5 até que a magnitude da variação das variáveis incógnitas durante uma iteração seja menor que uma tolerância especificada.

O princípio do método de substituição sucessiva é simples, e se programado por um computador faz com que as iterações não sejam trabalhosas.

Há, porém, a desvantagem de que as equações devam ser acessíveis, de tal forma, que cada incógnita apareça explícita exatamente uma vez no conjunto das equações.

Uma falha possível seria uma divergência entre os valores experimentais de cada iteração e os valores procurados.



II.3.1. Técnica de Newton-Raphson

Um procedimento usado para resolver conjuntos de equações simultâneas não lineares, que evita a desvantagem e a falha possível do método de substituição sucessiva é conhecido como Técnica de Newton-Raphson, a qual baseia-se na expansão da série de Taylor [Ref.12].

Esta técnica é um procedimento iterativo no qual se assume valores iniciais para as variáveis incógnitas, e depois, vai corrigindo-se sistematicamente estes valores até que as equações sejam satisfeitas dentro de uma determinada tolerância especificada.

Partindo da expansão da série de Taylor próxima ao ponto $x = a$, uma função y com variável independente x fica :

$$y = y(a) + \left| \frac{dy(a)}{dx} \right| \cdot (x-a) + \left| \frac{1}{2} \cdot \frac{dy^2(a)}{dx^2} \right| \cdot (x-a)^2 + \dots$$

desprezando-se os termos de ordem superior, a função reduz-se a :

$$y \simeq y(a) + [y'(a)] \cdot (x-a)$$

Para uma equação em x , definimos a função $y(x)=0$:

$$(\text{Ex: } 2x + e^x = x^2 \Rightarrow y(x) = 2x + e^x - x^2 = 0)$$

Denota-se por x_c o valor exato de x que faz $y(x) = 0$, e que resolve a equação em x .



Supõe-se, então, um valor inicial para x , denotado por x_t , e substitui-se o valor x_t na função $y(x)$.

Expandindo-se x próximo da incógnita x_c temos :

$$y(x) \approx y(x_c) + [y'(x_c)] \cdot (x - x_c)$$

então, para $x = x_t$, fica :

$$y(x_t) \approx y(x_c) + [y'(x_c)] \cdot (x_t - x_c)$$

e para $y(x_c) = 0$, tem-se :

$$x_c = x_t - \frac{y(x_t)}{y'(x_t)}$$

O valor obtido de x_c numa iteração será usado na próxima iteração como o novo valor de x_t .

Realizando-se iterações sucessivas até que $y(x) \approx 0$, o valor final da incógnita x será o valor obtido na última iteração para x_c .

Em casos gerais, com mais de uma incógnita e número correspondente de equações, o procedimento é análogo.

Por exemplo, se tivermos 3 equações com 3 incógnitas (x_1 , x_2 e x_3), teremos as funções a serem zeradas :

$$f_1(x_1, x_2, x_3) = 0$$

$$f_2(x_1, x_2, x_3) = 0$$

$$f_3(x_1, x_2, x_3) = 0$$



Assume-se valores experimentais para as 3 incógnitas (x_{1t} , x_{2t} , x_{3t}) e expande-se as funções em série de Taylor próximos a solução exata ainda desconhecida (x_{1c} , x_{2c} , x_{3c}):

$$f_1(x_1, x_2, x_3) \simeq f_1(x_{1c}, x_{2c}, x_{3c}) +$$

$$+ \left| \frac{\partial f_1(x_{1c}, x_{2c}, x_{3c})}{\partial x_1} \right| \cdot (x_1 - x_{1c}) +$$

$$+ \left| \frac{\partial f_1(x_{1c}, x_{2c}, x_{3c})}{\partial x_2} \right| \cdot (x_2 - x_{2c}) +$$

$$+ \left| \frac{\partial f_1(x_{1c}, x_{2c}, x_{3c})}{\partial x_3} \right| \cdot (x_3 - x_{3c})$$

$$f_2(x_1, x_2, x_3) \simeq f_2(x_{1c}, x_{2c}, x_{3c}) + \dots$$

$$f_3(x_1, x_2, x_3) \simeq f_3(x_{1c}, x_{2c}, x_{3c}) + \dots$$

Os novos valores de x_1 , x_2 e x_3 que serão usados na próxima iteração são :

$$x_{1\text{novo}} = x_{1t} - (x_{1t} - x_{1c})$$

$$x_{2\text{novo}} = x_{2t} - (x_{2t} - x_{2c})$$

$$x_{3\text{novo}} = x_{3t} - (x_{3t} - x_{3c})$$

Os valores de x_1 , x_2 e x_3 serão considerados satisfatórios como solução final do sistema das 3 equações, quando as funções f_1 , f_2 e f_3 calculadas com estes valores



estiverem dentro da faixa de tolerância especificada.

II.4. Simulação Computacional

Os métodos de resolução utilizados para os cálculos de um determinado sistema, podem nos levar a uma sequência de cálculos e/ou iterações excessivamente trabalhosa.

A fim de se evitar um desperdício significativo de tempo e esforço na realização de tal sequência de cálculo, pode-se fazer uso de um algoritmo computacional para a simulação do sistema.

O algoritmo computacional poderá não só efetuar as iterações necessárias a alguma resolução simultânea, mas também, as demais etapas de cálculos para o sistema.

A simulação computacional agiliza consideravelmente a obtenção de dados, a estimativa de desempenho e as conclusões a respeito de um sistema.

II.5. Otimização

A otimização é o processo de encontrar as condições que dão os máximos ou mínimos valores de uma função. Ela é a ferramenta que tem sido utilizada ultimamente de maneira quase compulsória pelos engenheiros.

A base de qualquer processo de otimização é a escolha dos parâmetros que devem ser otimizados.

Frequentemente é difícil a tarefa de otimizar um sistema devido a complexidade do mesmo, e a interdependência dos vários parâmetros do mesmo.



Uma alternativa é a otimização de subsistemas deste sistema, porém, tal procedimento não garante a otimização do sistema no geral.

A simulação de componentes e dos próprios sistemas são frequentemente passos preliminares para a otimização de sistemas térmicos. Porém, pode ser necessário simular o desempenho destes sobre um grande intervalo de condições de operação [Ref.13].

Um sistema otimizado para uma determinada situação de projeto, pode não estar otimizado para todo o intervalo esperado de sua operação.

Apesar de recente, dia a dia tem-se observado a aplicação de várias técnicas de otimização para sistemas térmicos.



CAPÍTULO III

SIMULAÇÃO DO SISTEMA TIPO CLEAN ROOM

Capítulo III : Simulação do Sistema tipo CLEAN ROOM

Um sistema de condicionamento de ar tipo CLEAN ROOM, por ser um sistema térmico onde há um interesse maior em fluxos de fluido e energia, pode ser abordado como um sistema contínuo.

Sendo suas variáveis de entrada, bem como os valores calculados nas sequências de cálculo, valores bem determinados, uma análise determinística é mais indicada.

Além disso, não se estando interessado na fase transiente de operação do sistema, mas sim, quando operando em regime, a abordagem será a de um sistema operando em regime permanente.

III.1. Os Objetivos

Os objetivos principais deste trabalho são :

- _simulação computacional de um sistema de condicionamento tipo CLEAN ROOM, operando em regime de verão, na região do Vale do Paraíba - S.P.;
- _obtenção de estimativas das potências consumidas por elementos do sistema, tais como : compressor e ventiladores;
- _análises teóricas e gráficas do comportamento dos elementos do sistema;



_comparação entre resultados teóricos e experimentais.

III.2. A Modelagem Proposta

O sistema escolhido para este trabalho, cuja operação será simulada, é mostrado na Fig.10.

A representação esquemática segue a configuração mais adequada aos objetivos a que se propõe o trabalho e à abordagem que deve ser dada ao sistema.

Três fluxos independentes constituem o sistema: o primeiro é o do ar que será insuflado num recinto a ser condicionado (AR1), o segundo é o do ar que deverá fazer com que o fluido refrigerante condense (AR2), e o terceiro é o do próprio fluido refrigerante (R12). Os fluxos em questão utilizam para as suas movimentações dois ventiladores (V1) e (V2) e um compressor (COMP).

A troca de calor entre o primeiro fluxo e o terceiro é realizada no evaporador (EVAP), e a troca de calor entre o segundo fluxo e o terceiro é realizada no condensador (COND).

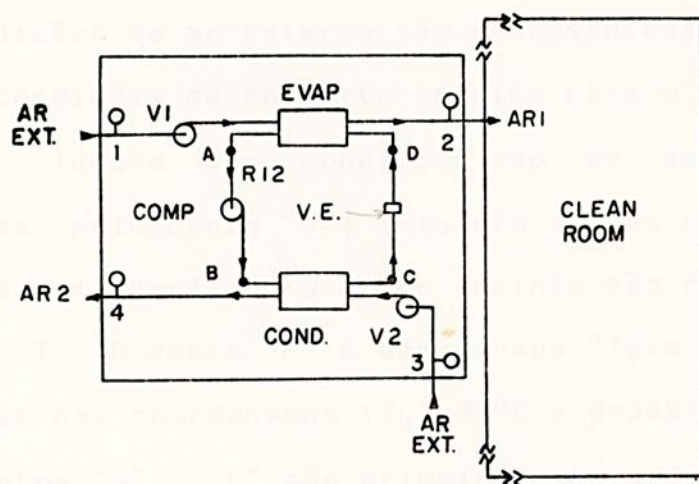


Fig.10 : Representação Esquem. do Sist. CLEAN ROOM proposto.

III.3. O Método Gráfico

Para o sistema de condicionamento de ar tipo CLEAN ROOM há três pontos de fundamental importância a serem definidos; pela observação da carta psicrométrica, mostrada na Fig.11, se forem definidos dois pontos (E e S), pode-se graficamente determinar o terceiro ponto (I).

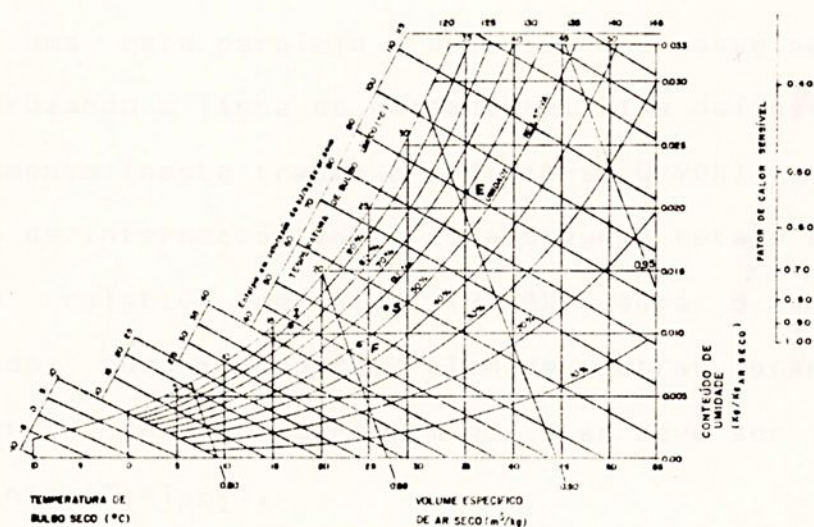


Fig. 11 : Pontos Principais de Estudo no Projeto de um Sistema tipo CLEAN ROOM.

As condições do ar externo são representadas pelo ponto "E". As condições de conforto térmico para o recinto, as quais são função das condições do ar externo, são representadas pelo ponto "S"; enquanto que as condições em que se deve ser insuflado o ar no recinto são representadas pelo ponto "I". O ponto "F" é denominado "foco" do diagrama e localiza-se nas coordenadas ($T_{bs}=24^{\circ}\text{C}$ e $\phi=50\%$).

Os pontos "S" e "E" são primeiramente definidos; sendo que o primeiro ponto é obtido de tabela [Ref.4].

O ponto "S" é função do ponto "E", o qual é determinado através de sensores específicos de temperatura e umidade do ar.

Na determinação do ponto "I", deve-se seguir os passos, conforme a Fig.12 :

_traçar uma reta que passe pelo ponto "F" e pelo valor calculado para o fator de calor sensível do recinto - no eixo das ordenadas à direita do diagrama;

_traçar uma reta paralela a anterior que passe pelo ponto "S", cruzando a linha de umidade relativa definida para o insuflamento (neste trabalho definiu-se $\phi=90\%$);

_o ponto de intersecção entre esta segunda reta e a linha de umidade relativa definida ($\phi=90\%$) será o ponto "I" procurado, que fornecerá, além de outras grandezas, a temperatura de bulbo seco, em que o ar deve ser insuflado no recinto ($T_I=T_{AR1}$).

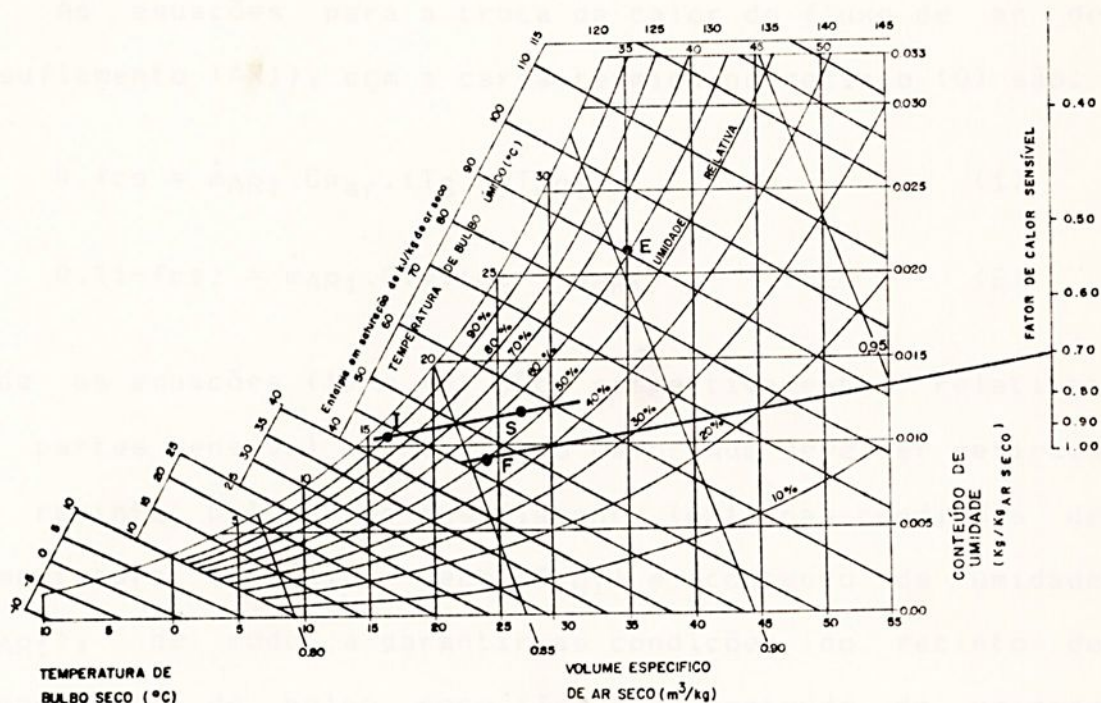


Fig.12 : Método Gráfico de obtenção do ponto de insuflamento.

III.4. As Equações Governantes

Para a representação matemática do modelo proposto, tem-se como base as equações da conservação de massa e de energia. São efetuados balanços energéticos para as trocas térmicas e são admitidos valores para as perdas reais e rendimentos na determinação das potências consumidas pelos ventiladores e compressor.

As constantes características do sistema, obtidas da Ref.[14], são introduzidas nas suas correspondentes faixas de temperatura e pressão de operação das partes do sistema.

III.4.1. Temperatura e Vazão Mássica do Ar de Insuflamento

As equações para a troca de calor do fluxo de ar de insuflamento ($AR1$), com a carga térmica no recinto (Q) são:

$$Q.fcs = \dot{m}_{AR1} \cdot C_{Par} \cdot (T_S - T_{AR1}) \quad (1)$$

$$Q.(1-fcs) = \dot{m}_{AR1} \cdot Clv \cdot (w_S - w_{AR1}) \quad (2)$$

onde as equações (1) e (2) são, respectivamente, relativas as partes sensível e latente do calor que deve ser retirado do recinto pelo ar de insuflamento ($AR1$) nas condições de temperatura de bulbo seco (T_{AR1}) e conteúdo de umidade (w_{AR1}), de modo a garantir as condições do recinto de temperatura de bulbo seco (T_S) e de conteúdo de umidade (w_S), para um determinado fator de calor sensível (fcs).



No sistema de equações (1) e (2) verifica-se, através da carta psicrométrica, que para um valor fixo de umidade relativa do ar (ϕ_{AR1}), há uma relação entre as variáveis T_{AR1} e w_{AR1} .

Assumindo-se que para cada valor fixo de ϕ_{AR1} , a função que relaciona w_{AR1} e T_{AR1} é um polinômio da forma :

$$w_{AR1} = a + b.T_{AR1} + c.T_{AR1}^2$$

onde os coeficientes "a", "b" e "c" podem ser obtidos por um método numérico de ajuste de um polinômio à uma curva [Ref.15]; ter-se-á o sistema de equações :

$$Q.fcs = \dot{m}_{AR1}.C_{Par}.(T_S - T_{AR1}) \quad (1)$$

$$Q.(1-fcs) = \dot{m}_{AR1}.C_{lv}.[w_S - (a+b.T_{AR1}+c.T_{AR1}^2)] \quad (3)$$

Tem-se, então, duas equações com as mesmas duas incógnitas T_{AR1} e $\dot{m}_{AR1}$. Através de um método de resolução simultânea estas incógnitas podem ser determinadas [Ref.11] e [Ref.12].

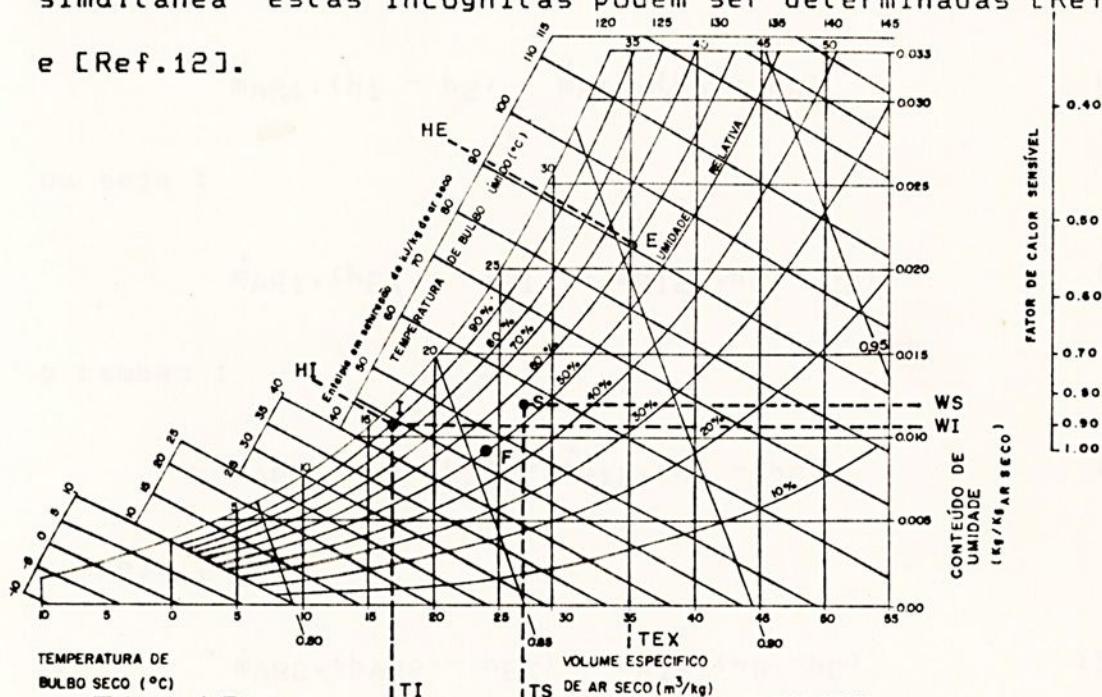


Fig. 13 : Represent. de Variáveis do Sistema CLEAN ROOM.

III.4.2. Vazão Mássica do Fluido Refrigerante

Efetuada-se o balanço energético para o fluido refrigerante (R12), nas suas trocas de calor no evaporador e no condensador, temos, conforme se observa na Fig.14 :

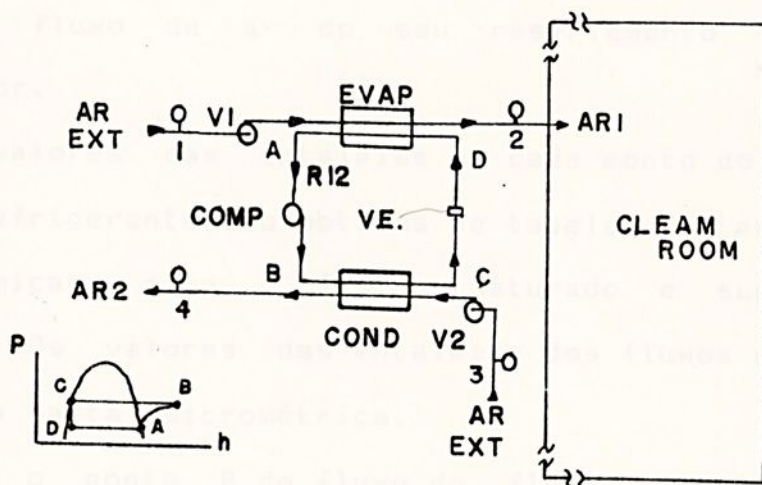


Fig.14 : Represent. Esquem. do Sist. CLEAN ROOM e diagrama P X h do ciclo de compressão a vapor.

$$\dot{m}_{AR1} \cdot (h_1 - h_2) = \dot{m}_{R12} \cdot (h_A - h_D) \quad (4)$$

ou seja :

$$\dot{m}_{AR1} \cdot (h_{EX} - h_{AR1}) = \dot{m}_{R12} \cdot (h_A - h_D) \quad (4.a)$$

e também :

$$\dot{m}_{AR2} \cdot (h_4 - h_3) = \dot{m}_{R12} \cdot (h_B - h_C) \quad (5)$$

ou seja :

$$\dot{m}_{AR2} \cdot (h_{AR2} - h_{EX}) = \dot{m}_{R12} \cdot (h_B - h_C) \quad (5.a)$$

ou, então :

$$\dot{m}_{AR2} \cdot C_{Par} \cdot (T_{AR2} - T_{EX}) = \dot{m}_{R12} \cdot (h_B - h_C) \quad (5.b)$$

As equações (4) e (4.a) são relativas ao calor que o fluido refrigerante (R12) deve retirar do ar de insuflamento (AR1), no evaporador; as equações (5), (5.a) e (5.b) são relativas ao calor que o fluido refrigerante deve transferir para o fluxo de ar do seu resfriamento (AR2), no condensador.

Os valores das entalpias em cada ponto do fluxo do fluido refrigerante são obtidos de tabelas de propriedades termodinâmicas para o fluido saturado e superaquecido [Ref.14]. Os valores das entalpias dos fluxos de ar são obtidos da carta psicrométrica.

Para o ponto B do fluxo do fluido refrigerante, é admitida a equação para processos politrópicos :

$$T_B = T_A \cdot \left| \frac{P_B}{P_A} \right|^{\frac{(n-1)}{n}} \quad (6)$$

onde, para o R12 tem-se um valor médio de $n = 1,16$

III.4.3. Potência do Compressor e Ventiladores

Para o cálculo das potências consumidas pelo compressor e ventiladores do sistema, tem-se :

$$P_{COMP} = \frac{\dot{m}_{R12} \cdot (h_B - h_A)}{\eta_{COMP}} \quad (7)$$



$$P_{VENT1} = \frac{\dot{m}_{AR1} \cdot HT_1 \cdot g}{\eta_{VENT1}} \quad (8)$$

$$P_{VENT2} = \frac{\dot{m}_{AR2} \cdot HT_2 \cdot g}{\eta_{VENT2}} \quad (9)$$

Nas equações (8) e (9), HT_1 e HT_2 são as perdas de carga nos circuitos de AR1 e AR2, respectivamente.

III.5. O Diagrama de Fluxo de Informações

Do modelamento teórico-matemático admitido para o sistema, das informações disponíveis e manipuláveis e dos objetivos da simulação, obtem-se o seguinte diagrama de fluxo de informações :

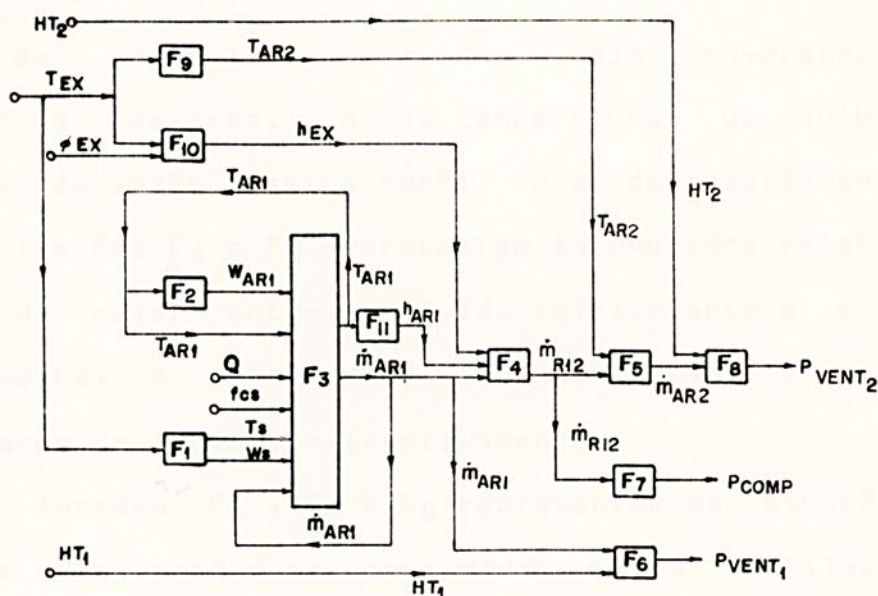


Fig. 15 : D.F.I. do Sistema CLEAN ROOM modelado.

As funções de transferência (F) do diagrama de fluxo de informações relacionam as variáveis de entrada de cada bloco com suas correspondentes variáveis de saída.

A função de transferência F_1 fornece os valores da temperatura de bulbo seco do ar a ser mantida na sala (T_S) e do conteúdo de umidade do mesmo (w_S), a partir da temperatura de bulbo seco do ar externo (T_{EX}); representando a obtenção de T_S e w_S numa carta psicrométrica.

A função de transferência F_2 fornece o valor do conteúdo de umidade do ar de insuflamento (w_{AR1}) a partir da temperatura de bulbo seco do mesmo (T_{AR1}), obtida da iteração da função F_3 , fixando-se o valor da umidade relativa deste (ϕ_{AR1}) em 90% .

As equações (1) e (3) que devem ser resolvidas por um método de resolução simultânea, constituem a função de transferência F_3 ; a qual executará várias iterações ao redor de dois loops, até que haja convergência de ambos os valores, o da temperatura de bulbo seco (T_{AR1}) e da vazão mássica ($\dot{m}_{AR1}$) do ar de insuflamento.

As funções F_4 e F_5 representam as equações relativas as trocas de calor entre o fluido refrigerante e o ar de insuflamento, e entre o fluido refrigerante e o ar de condensação do fluido, respectivamente.

As funções F_6 , F_7 e F_8 representam as equações que calculam as potências consumidas pelos ventiladores e compressor.

A função F_9 estabelece a relação entre a temperatura de bulbo seco do ar externo (T_{EX}) e a temperatura de descarga do ar de condensação do fluido refrigerante (T_{AR2}).



A função F_{10} representa a obtenção do valor da entalpia específica do ar externo (h_{EX}), através da carta psicrométrica, a partir dos valores da temperatura de bulbo seco (T_{EX}) e da umidade relativa (ϕ_{EX}) do ar externo.

A função F_{11} fornece o valor da entalpia específica do ar de insuflamento (h_{AR1}), fixando-se a umidade relativa do mesmo (ϕ_{AR1}) em 90% , a partir do valor da sua temperatura de bulbo seco (T_{AR1}), obtida da convergência do método de resolução na função F_3 .

III.6. O Método de Resolução Adotado

Das equações governantes do sistema modelado, obteve-se o sistema de equações (1) e (3) :

$$Q.fcs = \dot{m}_{AR1}.C_{Par}.(T_S - T_{AR1})$$

$$Q.(1-fcs) = \dot{m}_{AR1}.C_{lv}.[w_S - (a+b.T_{AR1}+c.T_{AR1}^2)]$$

Devido as vantagens que possui, a Técnica de Newton-Raphson será utilizada para a resolução simultânea das equações algébricas não lineares do sistema (1) e (3).

O primeiro passo será agrupar todos os termos das equações nos seus respectivos segundos membros :

$$0 = \dot{m}_{AR1}.C_{Par}.(T_S - T_{AR1}) - Q.fcs \quad (1.a)$$

$$0 = \dot{m}_{AR1}.C_{lv}.[w_S - (a+b.T_{AR1}+c.T_{AR1}^2)] - Q.(1-fcs) \quad (3.a)$$



Denomina-se, então, a equação (1.a) por f_1 , e a equação (3.a) por f_2 .

$$f_1 = \dot{m}_{AR1} \cdot C_{Par} \cdot (T_S - T_{AR1}) - Q \cdot f_{cs} = 0$$

$$f_2 = \dot{m}_{AR1} \cdot Clv \cdot [w_S - (a + b \cdot T_{AR1} + c \cdot T_{AR1}^2)] - Q \cdot (1 - f_{cs}) = 0$$

Utilizar-se-á a Técnica de Newton-Raphson para determinar-se os valores de $\dot{m}_{AR1}$ e T_{AR1} que aproximem f_1 e f_2 de zero, simultaneamente.

Calcula-se, portanto, em primeiro lugar, derivadas de f_1 e f_2 em relação as variáveis $\dot{m}_{AR1}$ e T_{AR1} :

$$\frac{\partial f_1}{\partial \dot{m}_{AR1}} = C_{Par} \cdot T_S - C_{Par} \cdot T_{AR1}$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial T_{AR1}} = - \dot{m}_{AR1} \cdot C_{Par}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial \dot{m}_{AR1}} = Clv \cdot w_S - Clv \cdot a - Clv \cdot b \cdot T_{AR1} - Clv \cdot c \cdot T_{AR1}^2$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial T_{AR1}} = - \dot{m}_{AR1} \cdot Clv \cdot b - 2 \cdot \dot{m}_{AR1} \cdot Clv \cdot c \cdot T_{AR1}$$

Da expansão de f_1 e f_2 em séries de Taylor tem-se :

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial \dot{m}_{AR1}} & \frac{\partial f_1}{\partial T_{AR1}} \\ \frac{\partial f_2}{\partial \dot{m}_{AR1}} & \frac{\partial f_2}{\partial T_{AR1}} \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} \Delta \dot{m}_{AR1} \\ \Delta T_{AR1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} f_1 \\ f_2 \end{vmatrix}$$

cujos determinantes são:

$$D = \left| \begin{array}{cc} \frac{\partial f_1}{\partial \dot{m}_{AR1}} & \frac{\partial f_2}{\partial T_{AR1}} \end{array} \right| - \left| \begin{array}{cc} \frac{\partial f_2}{\partial \dot{m}_{AR1}} & \frac{\partial f_1}{\partial T_{AR1}} \end{array} \right|$$

$$D_{\dot{m}_{AR1}} = \left| \begin{array}{cc} f_1 & \frac{\partial f_2}{\partial T_{AR1}} \end{array} \right| - \left| \begin{array}{cc} f_2 & \frac{\partial f_1}{\partial T_{AR1}} \end{array} \right|$$

$$D_{T_{AR1}} = \left| \begin{array}{cc} \frac{\partial f_1}{\partial \dot{m}_{AR1}} & f_2 \end{array} \right| - \left| \begin{array}{cc} \frac{\partial f_2}{\partial \dot{m}_{AR1}} & f_1 \end{array} \right|$$

As variações das variáveis $\dot{m}_{AR1}$ e T_{AR1} são :

$$\Delta \dot{m}_{AR1} = \frac{D_{\dot{m}_{AR1}}}{D}$$

$$\Delta T_{AR1} = \frac{D_{T_{AR1}}}{D}$$

Os valores das variáveis $\dot{m}_{AR1}$ e T_{AR1} para uma próxima iteração das equações (1.a) e (3.a) são :

$$T_{AR1\text{ novo}} = T_{AR1\text{ anterior}} - \Delta T_{AR1}$$

$$\dot{m}_{AR1\text{ novo}} = \dot{m}_{AR1\text{ anterior}} - \Delta \dot{m}_{AR1}$$

Se f_1 ou f_2 não se aproximarem o suficiente de zero na próxima iteração utilizando os novos valores de T_{AR1} e $\dot{m}_{AR1}$, deve-se refazer os cálculos dos valores das derivadas, dos determinantes e das variações, utilizando estes novos valores.



Os valores de $\dot{m}AR1$ e $TAR1$ podem ser considerados convergidos quando as diferenças entre $f1$ e zero e entre $f2$ e zero forem simultaneamente menores que uma tolerância especificada.

As demais etapas de cálculo da simulação poderão prosseguir, então, utilizando-se estes valores convergidos.

A utilização da Técnica de Newton-Raphson para resolução simultânea das equações não lineares deste trabalho justifica-se por ser satisfatória para o objetivo principal do mesmo, o qual é a elaboração de um algoritmo computacional para uso em microcomputadores com o emprego em Engenharia de Campo.

CAPÍTULO IV

DESENVOLVIMENTO

COMPUTACIONAL



CAPÍTULO IV

DESENVOLVIMENTO

COMPUTACIONAL

Capítulo IV : Desenvolvimento Computacional

Após modelado matematicamente um sistema real e verificadas as equações governantes do modelo adotado, a etapa seguinte a ser elaborada é o desenvolvimento computacional da simulação.

O desenvolvimento computacional possibilita a obtenção de resultados de maneira mais fácil e rápida, propiciando a realização de inúmeras simulações para várias condições de operação do sistema num espaço de tempo relativamente curto.

Partindo-se do diagrama de fluxo de informações da Fig.15, chega-se de maneira mais racional a um algoritmo computacional definitivo.

IV.1. Os Objetivos

No desenvolvimento computacional para simulação do sistema proposto, tem-se por objetivos principais :

- _a apresentação auto-didática das várias etapas do programa computacional;
- _a aplicação dos métodos numéricos necessários a resolução de equações e ajustes de polinômios a bancos de dados;
- _a criação dos bancos de dados necessários aos cálculos durante a simulação;
- _a realização dos cálculos, e interpolações necessárias aos valores utilizados dos bancos de dados;
- _a apresentação dos resultados das simulações em forma de tabelas, e o arquivamento destes para plotagem de gráficos.



IV.2. Os Passos Computacionais

O algoritmo computacional para a simulação do sistema CLEAN ROOM é constituído por programas inter-conectados automaticamente, segundo o interesse do usuário; realizando os seguintes passos computacionais :

Passo 1 : Criação de arquivos de dados (Apêndice G).

1.1.Arquivo das propriedades do ar com umidade relativa igual a 90% : FI90.DAT;

1.2.Arquivo das propriedades do ar a serem mantidas na sala : TEX.DAT;

1.3.Arquivo das propriedades termodinâmicas do freon 12 saturado : FRESAT.DAT;

1.4.Arquivo das propriedades termodinâmicas do freon 12 superaquecido : FRESUP.DAT;

1.5.Arquivo das propriedades do ar externo : EXT.DAT;

1.6.Arquivo das quantidades de ar externo necessário por pessoa num recinto : QAREX.DAT.

Passo 2 : Ajuste de um polinômio do 2º grau a curva de umidade relativa igual a 90% (do arquivo FI90.DAT) através do método dos mínimos quadrados.

Passo 3 : Entrada das Constantes Características do Sistema.

Passo 4 : Entrada dos Valores das Variáveis a serem manipuladas durante as simulações.



Passo 5 : Aplicação da Técnica de Newton-Raphson para resolução simultânea de equações governantes do sistema.

Passo 6 : Resolução do Ciclo Termodinâmico para o freon 12 (ciclo A-B-C-D-A)

Passo 7 : Cálculo da Potência do Compressor do ciclo do freon 12

Passo 8 : Cálculo da Potência dos Ventiladores dos ciclos abertos de ar.

Passo 9 : Realização de Cálculos Complementares.

Passo 10 : Montagem de Arquivos para plotagem dos gráficos das potências do compressor e ventiladores.

Passo 11 : Apresentação de Tabelas de Resultados.

IV.3. As Considerações Práticas e Teóricas

Na elaboração do algoritmo computacional para a simulação do sistema em questão, foram feitas algumas considerações de ordem prática e/ou teórica para viabilizar e simplificar as etapas de cálculo, porém, obedecendo à determinadas limitações, e satisfazendo a essência físico-matemática do modelo adotado [Ref.16].



Para o compressor são admitidas pressões de sucção maiores que a atmosférica de modo a evitar que nas conexões do sistema possa haver entrada de ar úmido, o que poderia alterar as propriedades do fluido refrigerante. Quanto a temperatura de saída do fluido no compressor, foi fixado o valor limite de 60°C ($T_B < 60^{\circ}\text{C}$) com o objetivo de preservar as condições de segurança de funcionamento do sistema de lubrificação dos compressores de êmbolo.

Quanto ao fluido refrigerante, adotamos o R-12, devido a difusão do uso deste em sistemas de refrigeração e ar condicionado, sendo possível, no entanto, substituí-lo na simulação, alterando todos os dados relativos a suas propriedades físicas.

Os rendimentos admitidos para o compressor e ventiladores do circuito são os verificados e recomendados pelos fabricantes destes equipamentos :

compressor = 0,4

ventilador = 0,6

A grandeza da perda de carga nos circuitos onde flui ar (HT_1) e (HT_2) são valores que podem ser manipulados, sendo admitidos, a priori, valores unitários, de modo a se obter os valores das potências consumidas pelos ventiladores em [W/m.c.ar].

A condição de desumidificação é conseguida pela fixação da umidade relativa nas condições do ar de insuflamento em 90%.



As trocas de calor no evaporador e no condensador são admitidas como sendo o valor médio ocorrido em toda a extensão de troca dos mesmos, supondo uma eficiência de 100% através das interfaces.

Para garantir que o fluxo de calor tanto no evaporador, como no condensador seja no sentido real, são fixados valores mínimos de diferenças de temperatura, para garantir que a troca de calor seja realizada, e para isso :

$$T_B > T_{AR2}$$

$$T_C > T_{EX}$$

$$T_{AR1} > T_D$$

$$T_{EX} > T_A$$

o que pode ser visualizado na Fig.16.

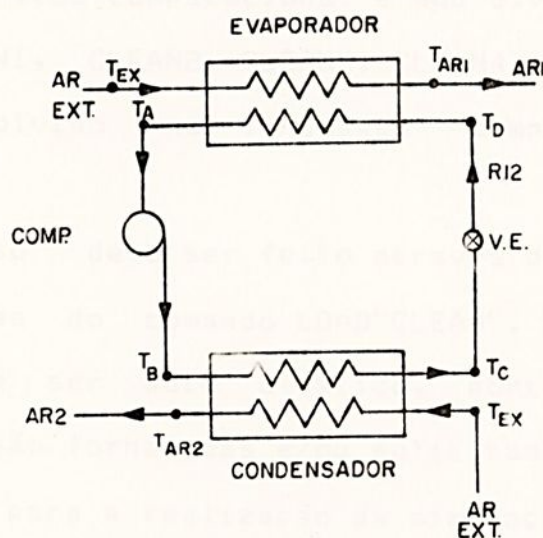


Fig.16 : Representação Esquemática de temperaturas.

A diferença $(T_{EX}-T_{AR1})$ não é fixada pois depende das condições desejadas de conforto no interior do ambiente, no entanto, fixa-se a diferença $(T_{AR2}-T_{EX})$, devido a variação da temperatura externa (neste trabalho foi fixada em 5°C).

Os bancos de dados foram obtidos e montados a partir das tabelas e curvas das referências [3],[4],[5],[6],[14] e [16].

A partir dos valores contidos nas referências [4] e [6], as quais apresentam as relações entre as condições de conforto térmico no ambiente e as condições do ar externo, foram escolhidos os valores médios das faixas existentes e utilizados nos cálculos das condições de insuflamento do ar, com a finalidade de adequar as condições internas às condições de conforto recomendadas.

IV.4. O Algoritmo Computacional

O algoritmo computacional é sub-dividido nos programas CLEAN, CLEAN1, CLEAN2, CLEAN3, CLEAN4, CLEAN5 e CLEAN6; e foi desenvolvido na linguagem computacional GWBASIC [Ref.17].

O acesso deve ser feito através do nome de arquivo CLEAN através do comando LOAD"CLEAN". O algoritmo tem a intenção de ser auto didático, portanto, durante sua utilização são fornecidas e/ou solicitadas as informações necessárias para a realização da simulação do sistema tipo CLEAN ROOM.

O algoritmo computacional se encontra listado no Apêndice H.



IV.5. Os Resultados Teóricos

Na simulação do sistema tipo CLEAN ROOM proposto e modelado neste trabalho, algumas variáveis de entrada foram fixadas para todas as baterias de simulação, enquanto outras variáveis foram manipuladas, cada uma de uma vez, de modo a se obter resultados que nos propiciassem fazer as devidas análises de interesse.

Em todas as baterias de simulação, fixou-se as variáveis de entrada :

RG : rendimento térmico global	RG = 0,4
RV : rendimento dos ventiladores	RV = 0,6
HT1: perda de carga no circuito do AR1	HT1= 1,0 m.c.ar
HT2: perda de carga no circuito do AR2	HT2= 1,0 m.c.ar
CS : comprimento da sala (recinto)	CS = 10 m
LS : largura da sala	LS = 5 m
AS : altura da sala	AS = 3 m
Tipo do recinto : 6 (laboratório)	

As variáveis de entrada que foram manipuladas durante as simulações foram :

NP : número de pessoas no recinto
Q : carga térmica no recinto [watts]
FIEX: umidade relativa do ar externo [%]
FCS : fator de calor sensível no recinto
TEX : temperatura de bulbo seco do ar externo [°C]



Na primeira bateria de simulações fixou-se, para um fator de calor sensível igual a 0,7 :

$Q = 3000 \text{ watts}$

$FIEX = 50 \%$

e variando-se TEX desde 25°C até 39°C, obteve-se os valores das potências consumidas pelo compressor e ventiladores (além de outros dados de saída) para cada valor de TEX.

Os valores obtidos para as potências foram arquivados nos arquivos de dados : GRAF1.DAT, GRAF2.DAT e GRAF3.DAT.

Na segunda bateria de simulações fixou-se os mesmos valores de Q (3000 watts) e $FIEX$ (50 %), para um fator de calor sensível igual á 0,75; e variou-se novamente TEX de 25 °C até 39 °C, e os
em : GRAF1A.DAT

Na terceira bateria procedeu-se de modo análogo para um fator de calor sensível igual á 0,8; arquivando-se os valores obtidos das potências em : GRAF1B.DAT, GRAF2B.DAT e GRAF3B.DAT.

Dos arquivos montados nas três baterias anteriores obteve-se através de um software - GRAFIT - as famílias de curvas mostradas nas figuras 17, 18 e 19. Os resultados das três baterias são mostrados de forma compactada conforme a Tab.1.



Tab.1 : Tabela Compacta de Resultados Simulados
(F.C.S. = (0.7 , 0.75 , 0.80))

TABELA DE RESULTADOS SIMULADOS				
Recinto tipo : 6				
numero de pessoas no recinto : 5				
RG :rendimento térmico global	RG = .4			
RV :rendimento dos ventiladores	RV = .6			
HT1:perda de carga no circ. insuflam. [m.c.ar]	HT1= 1.0			
HT2:perda de carga no circ. refr. freon [m.c.ar]	HT1= 1.0			
CS :comprimento da sala (recinto) [m]	CS = 10.0			
LS :largura da sala [m]	LS = 5.0			
AS :altura da sala [m]	AS = 3.0			
F.C.S.	TEX [°C]	PCOMP [watts]	PVENT1 [watts]	PVENT2 [watts]
0.70	25.0	1909.7	2.68	12.37
0.70	26.0	1995.9	2.60	12.93
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
0.80	39.0	8379.7	4.96	54.30
Q :carga termica [watts] Q = 3000				
FIEX:umidade relativa do ar externo [%] FIEX= 50				

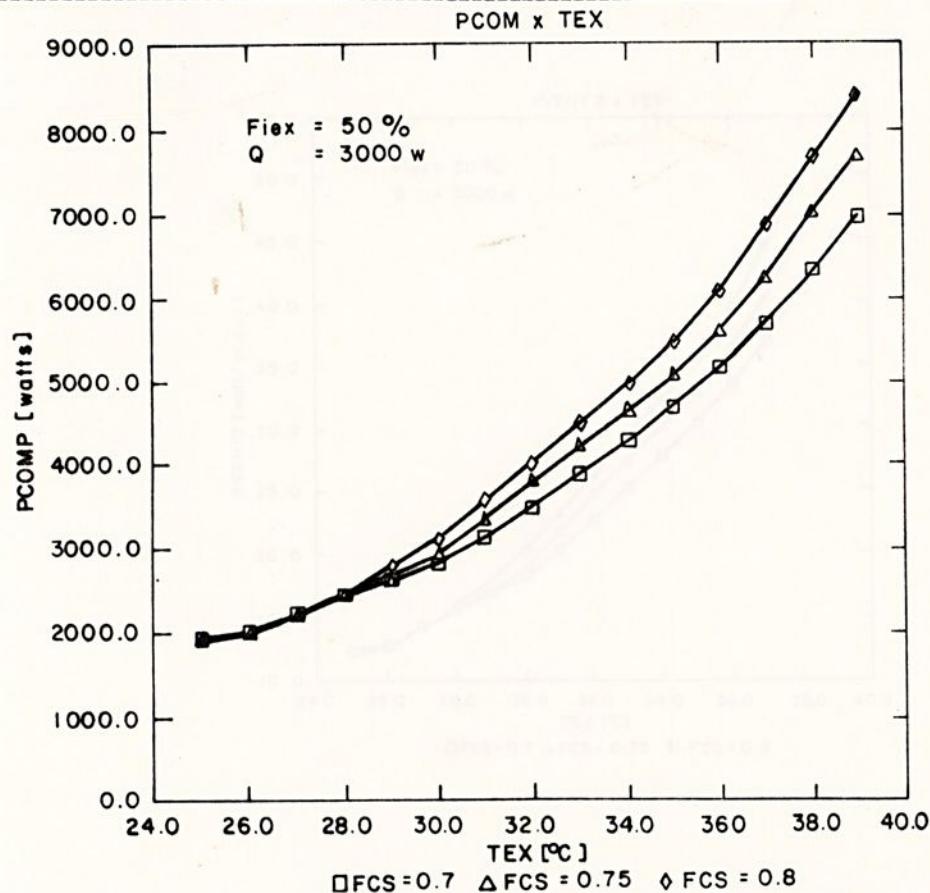


Fig . 17 : Família de Curvas para PCOMP x TEX (FIEX=50% , Q=3000W)

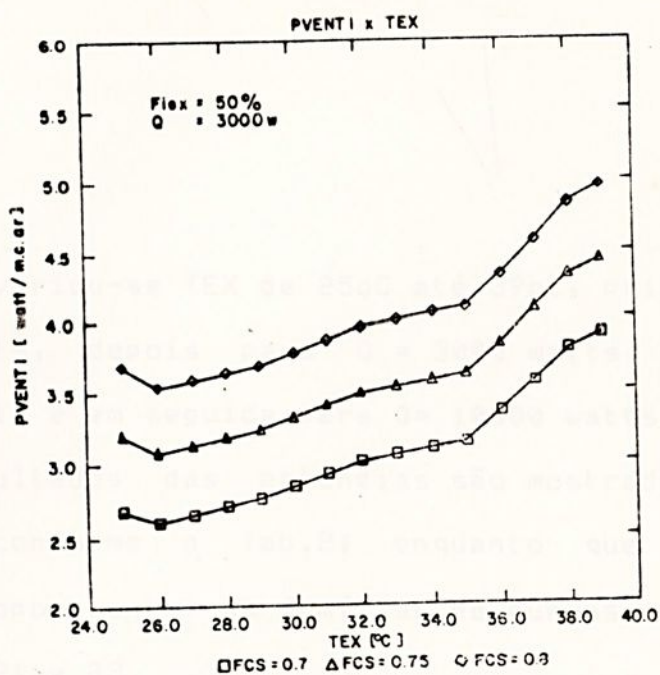


Fig.18: Família de Curvas para PVENT1 x TEX (FIEX=50% , Q=3000W)

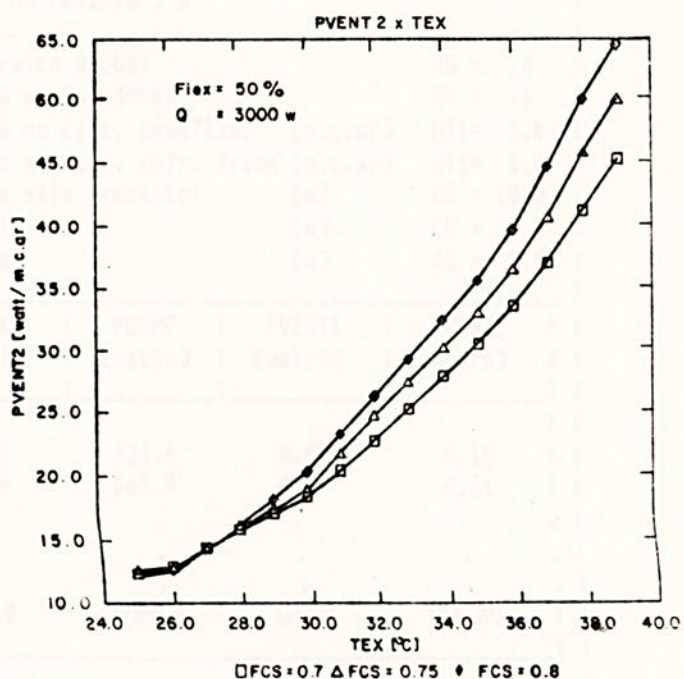


Fig.19 : Família de Curvas para PVENT2 x TEX (FIEX=50% , Q=3000W)

De maneira análoga fixou-se nas próximas três baterias:

FIEX = 50 %

FCS = 0,7

Então, variou-se TEX de 25oC até 39oC, primeiro para Q = 1000 watts, depois para Q = 3000 watts, depois para Q = 5000 watts e em seguida para Q= 10000 watts.

Os resultados das potências são mostrados de forma compactada conforme a Tab.2; enquanto que os arquivos montados proporcionam as famílias de curvas mostradas nas figuras 20, 21 e 22.

Tab.2 : Tabela Compacta de Resultados Simulados
(Q = (1000 W , 3000 W , 5000 W , 10000 W))

TABELA DE RESULTADOS SIMULADOS					
Recinto tipo : 6					
numero de pessoas no recinto : 5					
RG :rendimento térmico global				RG =	.4
RV :rendimento dos ventiladores				RV =	.6
HT1:perda de carga no circ. insuflam. [m.c.ar]				HT1=	1.0
HT2:perda de carga no circ. refr. freon [m.c.ar]				HT1=	1.0
CS :comprimento da sala (recinto) [m]				CS =	10.0
LS :largura da sala [m]				LS =	5.0
AS :altura da sala [m]				AS =	3.0
Q	TEX	PCOMP	PVENT1	PVENT2	
[watts]	[°C]	[watts]	[watts]	[watts]	
1000	25.0	636.6	0.89	4.12	
1000	26.0	665.3	0.87	4.31	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
10000	39.0	23209.8	12.97	150.40	
FCS :fator de calor sensível				FCS =	0.7
FIEX:umidade relativa do ar externo [%]				FIEX=	50

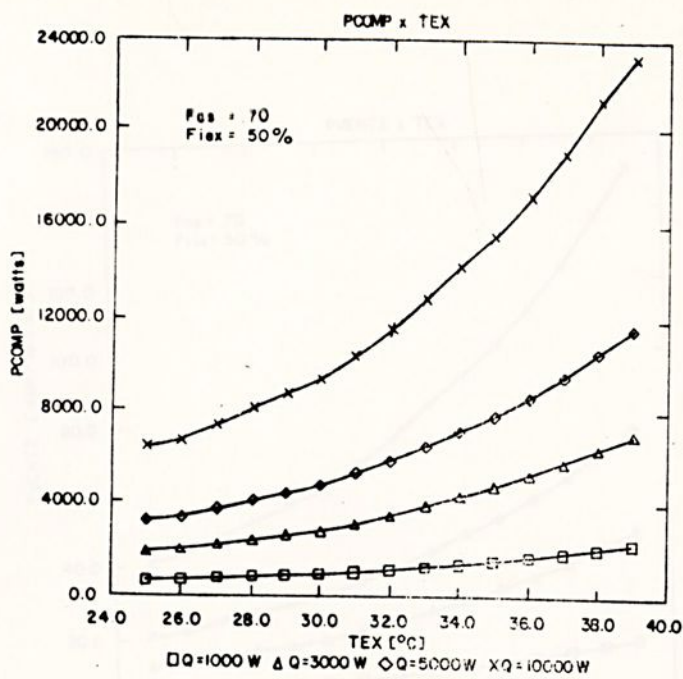


Fig.20 : Família de Curvas para PCOMP x TEX (FIE=50% , FCS=0,70)

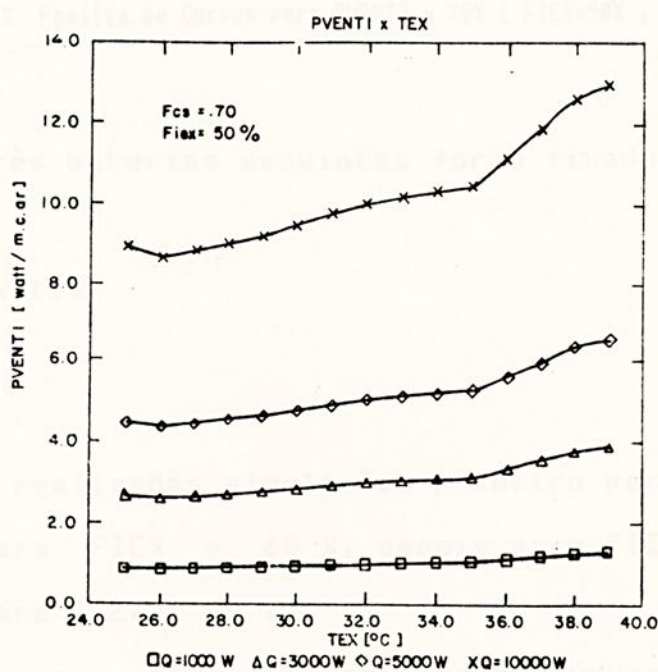


Fig.21 : Família de Curvas para PVENTI x TEX (FIE=50% , FCS=0,70)

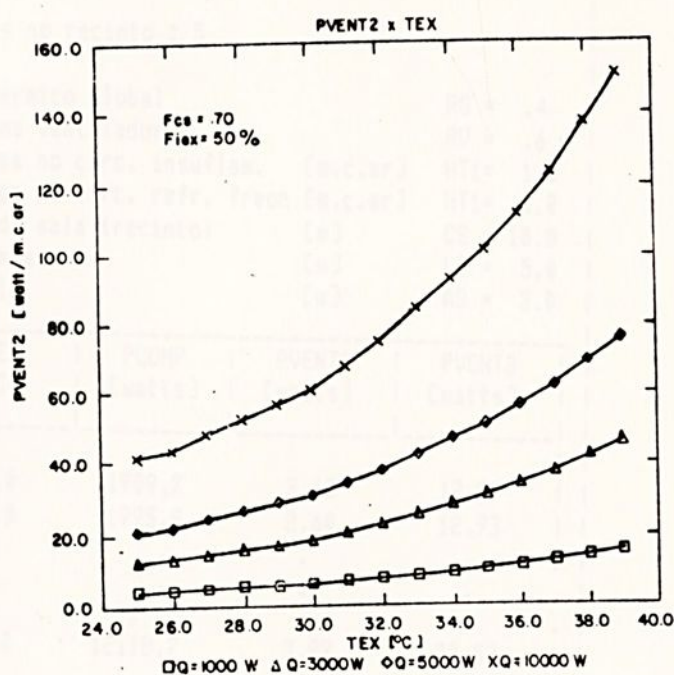


Fig.22 : Família de Curvas para PVENT2 x TEX (FIEX=50% , FCS=0,70)

Nas três baterias seguintes foram fixados os valores de:

$Q = 3000$ watts

$FCS = 0,7$

e foram realizadas simulações primeiro para FIEX = 50 %, depois para FIEX = 60 %, depois para FIEX = 70 % e em seguida para FIEX = 80 % .

Obteve-se, então, as famílias de curvas das figuras 23, 24 e 25. Os resultados obtidos são mostrados de forma compactada conforme a Tab.3.

Tab.3 : Tabela Compacta de Resultados Simulados
(FIEIX = (50 % , 60 % , 70 % , 80 %))

TABELA DE RESULTADOS SIMULADOS				
Recinto tipo : 6				
numero de pessoas no recinto : 5				
RG :rendimento térmico global				
RV :rendimento dos ventiladores				
HT1:perda de carga no circ. insuflam. [m.c.ar]				
HT2:perda de carga no circ. refr. freon [m.c.ar]				
CS :comprimento da sala (recinto) [m]				
LS :largura da sala [m]				
AS :altura da sala [m]				
FCS :fator de calor sensível				
Q :carga termica [watts]				
FCS = 0.7				
Q = 3000				

FIEIX	TEX	PCOMP	PVENT1	PVENT2
[%]	[°C]	[watts]	[watts]	[watts]
50	25.0	1909.7	2.68	12.37
50	26.0	1995.9	2.60	12.93
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
80	39.0	12118.7	3.89	78.53

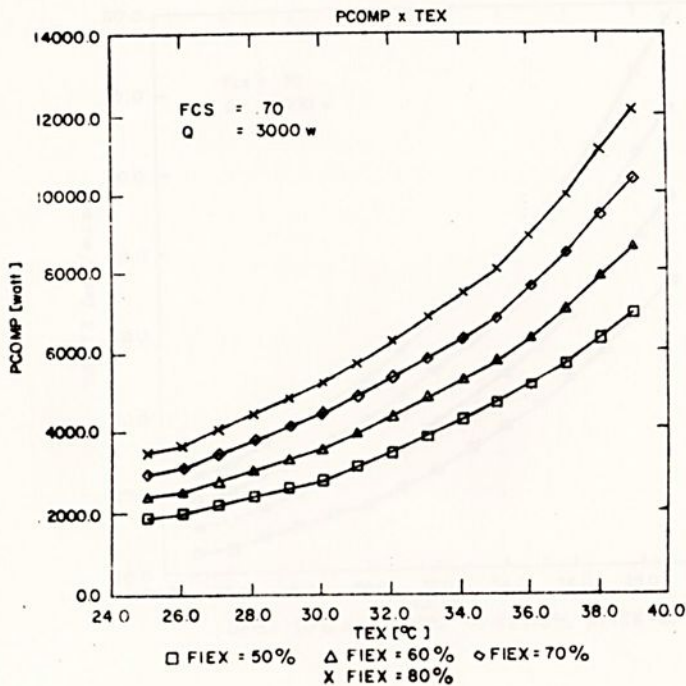


Fig.23 : Família de Curvas para PCOMP x TEX (Q=3000W , FCS=0,70)

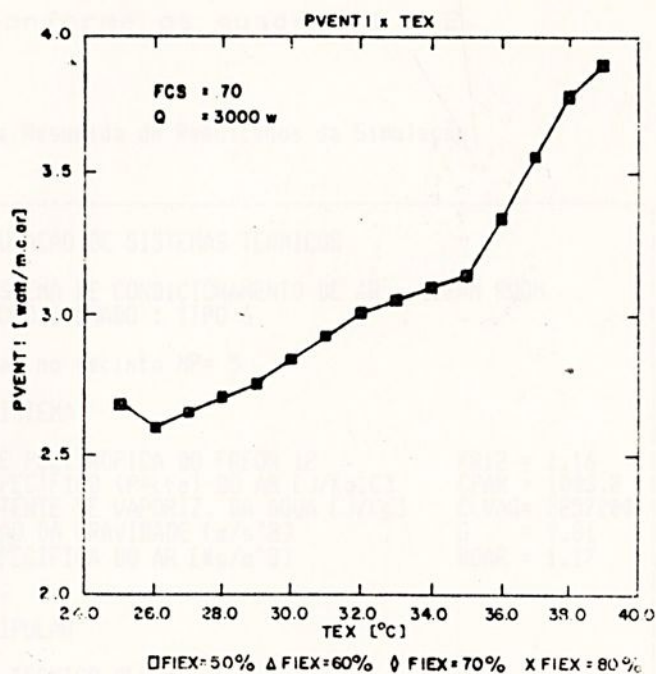


Fig.24 : Família de Curvas para PVENT1 x TEX (Q=3000W , FCS=0,70)

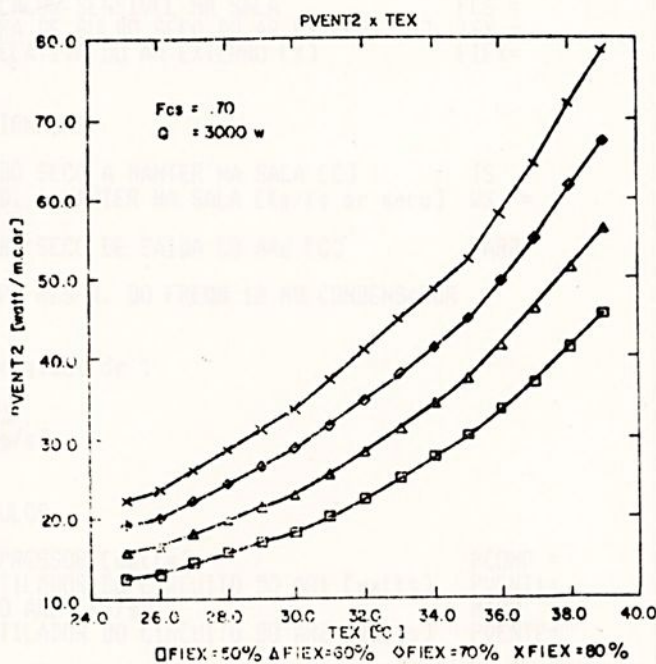


Fig.25 : Família de Curvas para PVENT2 x TEX (Q=3000W , FCS=0,70)

Os demais resultados, obtidos em cada simulação, são mostrados conforme os quadros 1 e 2.

Quadro 1 : Tabela Resumida de Resultados da Simulação

SIMULAÇÃO DE SISTEMAS TERMICOS	
SIMULAÇÃO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM	
RECINTO A SER CONDICIONADO : TIPO 6	
numero de pessoas no recinto NP= 5	
CONSTANTES DO SISTEMA	
IKR12 : CONSTANTE POLITROPICA DO FREON 12	KR12 = 1.16
ICPAR : CALOR ESPECIFICO (P=cte) DO AR [J/Kg.C]	CPAR = 1003.2
ICLVAG : CALOR LATENTE DE VAPORIZ. DA AGUA [J/Kg]	CLVAG= 2257200
IG : ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE [m/s^2]	G = 9.81
IROAR : MASSA ESPECIFICA DO AR [Kg/m^3]	ROAR = 1.17
VARIAVEIS A MANIPULAR	
IRG : RENDIMENTO TERMICO GLOBAL	RG =
IRV : RENDIMENTO DOS VENTILADORES	RV =
IHT1 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR1 [m.c.ar]	HT1 =
IHT2 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR1 [m.c.ar]	HT1 =
ICS : COMPRIMENTO DA SALA [m]	CS =
ILS : LARGURA DA SALA [m]	LS =
IAS : ALTURA DA SALA [m]	AS =
IQ : CARGA TERMICA NA SALA [watts]	Q =
IFSC : FATOR DE CALOR SENSIVEL NA SALA	FCS =
ITEX : TEMPERATURA DE BULBO SECO DO AR EXTERNO [C]	TEX =
FIEX: UMIDADE RELATIVA DO AR EXTERNO [%]	FIEX=
VARIAVEIS RELACIONADAS	
ITS : TEMP. BULBO SECO A MANTER NA SALA [C]	TS =
IWS : CONT. UMID. A MANTER NA SALA [Kg/Kg ar seco]	WS =
IAR2: TEMP. BULBO SECO DE SAIDA DO AR2 [C]	TAR2=
onde : AR2 : AR P/ RESFR. DO FREON 12 NO CONDENSADOR	
resultados convergidos de :	
ITAR1= [C]	
MAR1= [Kg/s]	
CALCULOS	
POTENCIA DO COMPRESSOR [watts]	PCOMP =
POTENCIA DO VENTILADOR DO CIRCUITO DO AR1 [watts]	PVENT1=
VAZAO MASSICA DO AR2 [Kg/s]	MAR2 =
POTENCIA DO VENTILADOR DO CIRCUITO DO AR2 [watts]	PVENT2=



SIMULAÇÃO DE SISTEMAS TERMICOS

SIMULAÇÃO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM

RECINTO A SER CONDICIONADO : TIPO 6

numero de pessoas no recinto NP= 5

CONSTANTES DO SISTEMA

KR12 : CONSTANTE POLITROPICA DO FREON 12

ICPAR : CALOR ESPECIFICO (P=cte) DO AR [J/Kg.C]

ICLVAG : CALOR LATENTE DE VAPORIZ. DA AGUA [J/Kg]

IG : ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE [m/s^2]

ROAR : MASSA ESPECIFICA DO AR [Kg/m^3]

KR12 = 1.16

CPAR = 1003.2

CLVAG= 2257200

G = 9.81

ROAR = 1.17

VARIAVEIS A MANIPULAR

IRG : RENDIMENTO TERMICO GLOBAL

IRV : RENDIMENTO DOS VENTILADORES

IRG =

IRV =

IHT1 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR1 [m.c.ar]

IHT2 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR1 [m.c.ar]

IHT1 =

IHT2 =

ICS : COMPRIMENTO DA SALA [m]

ILS : LARGURA DA SALA [m]

IAS : ALTURA DA SALA [m]

CS =

LS =

AS =

IQ : CARGA TERMICA NA SALA [watts]

IFSC : FATOR DE CALOR SENSIVEL NA SALA

ITEX : TEMPERATURA DE BULBO SECO DO AR EXTERNO [C]

FIEX: UMIDADE RELATIVA DO AR EXTERNO [%]

Q =

FCS =

TEX =

FIEX=

VARIAVEIS RELACIONADAS

ITS : TEMP. BULBO SECO A MANTER NA SALA [C]

IWS : CONT. UMID. A MANTER NA SALA [Kg/Kg ar seco]

TS =

WS =

TAR2: TEMP. BULBO SECO DE SAIDA DO AR2 [C]

onde : AR2 : AR P/ RESFR. DO FREON 12 NO CONDENSADOR

TAR2=

pela tecnica de NEWTON-RAPHSON

valores iniciais para:

IMAR1 : VAZAO MASSICA DO AR1

ITAR1 : TEMPERATURA DE BULBO SECO DO AR1

onde : AR1 : AR INSUFLADO NA SALA

MAR1= [Kg/s]

TAR1= [°C]

resultados convergidos de :

ITAR1= [C]

IMAR1= [Kg/s]

55

RESOLUCAO DO CICLO TERMODINAMICO DE FREON 12 (A-B-C-D-A)

TEMPERATURA DO PONTO D [°C]	TD =
TEMPERATURA DO PONTO A [°C]	TA =
ENTALPIA ESPEC. DO VAPOR NO PONTO A [J/Kg]	HVA =
PRESSAO NO PONTO A [KPa]	PA =
PRESSAO NO PONTO D [KPa]	PD =
TEMPERATURA NO PONTO C [°C]	TC =
ENTALPIA ESPEC. DO LIQ. NO PONTO C [J/Kg]	HC =
PRESSAO NO PONTO C [KPa]	PC =
ENTALPIA ESPEC. DO LIQ. NO PONTO D [J/Kg]	HD =
ENTALPIA ESPEC. DO AR EXTERNO [J/Kg]	HEX =
ENTALPIA ESPEC. DO AR1 [J/Kg]	HAR1 =
VAZAO MASSICA DO FREON 12 [Kg/s]	MR12 =
PRESSAO NO PONTO B [KPa]	PB =
TEMPERATURA NO PONTO B [°C]	TB =
ENTALPIA ESPEC. NO PONTO B [J/Kg]	HB =

CALCULOS

POTENCIA DO COMPRESSOR [watts]	PCOMP =
POTENCIA DO VENTILADOR DO CIRCUITO DO AR1 [watts]	PVENT1=
VAZAO MASSICA DO AR2 [Kg/s]	MAR2 =
POTENCIA DO VENTILADOR DO CIRCUITO DO AR2 [watts]	PVENT2=

Finalmente todas as condições simuladas são mostradas computacionalmente de forma compactada conforme mostra o quadro 3, onde encontram-se as condições de entrada manipuladas e as principais variáveis de saída correspondentes.

Uma estimativa do consumo energético diário do sistema pode ser realizada, então, variando-se as condições de entrada simultaneamente, hora a hora ou em intervalos de tempo pré-determinados, e determinando-se os valores das variáveis de saída, tais como : as potências consumidas pelos ventiladores e pelo compressor.

TABELA DE RESULTADOS SIMULADOS

RECINTO TIPO : 6

numero de pessoas no recinto	NP = 5
carga termica [watts]	Q = 3000
fator de calor sensivel	FCS= 0.7
vazao massica de ar insuflado [Kg/s]	MAR1= 0.16
temp. b.s. do ar insufl. [°C]	TAR1= 11.8
temp. b.s. do ar externo [°C]	TEX = 25
umid. relat. do ar ext. [%]	FIEX= 60
temp. b.s. a manter na sala [°C]	TS = 24.5
potencia do compressor [watts]	PCOMP= 2426.0
pot. do vent. do circ. do ar insufl. [watts]	PVENT1= 2.68
pot. do vent. do circ. de refr. do FREON [watts]	PVENT2= 15.72

numero de pessoas no recinto	NP = 10
carga termica [watts]	Q = 4000
fator de calor sensivel	FCS= 0.7
vazao massica de ar insuflado [Kg/s]	MAR1= 0.21
temp. b.s. do ar insufl. [°C]	TAR1= 12.3
temp. b.s. do ar externo [°C]	TEX = 26
umid. relat. do ar ext. [%]	FIEX= 60
temp. b.s. a manter na sala [°C]	TS = 25.5
potencia do compressor [watts]	PCOMP= 3381.9
pot. do vent. do circ. do ar insufl. [watts]	PVENT1= 3.46
pot. do vent. do circ. de refr. do FREON [watts]	PVENT2= 21.91

numero de pessoas no recinto	NP = 15
carga termica [watts]	Q = 5000
fator de calor sensivel	FCS= 0.8
vazao massica de ar insuflado [Kg/s]	MAR1= 0.37
temp. b.s. do ar insufl. [°C]	TAR1= 14.8
temp. b.s. do ar externo [°C]	TEX = 27
umid. relat. do ar ext. [%]	FIEX= 70
temp. b.s. a manter na sala [°C]	TS = 25.7
potencia do compressor [watts]	PCOMP= 6427.5
pot. do vent. do circ. do ar insufl. [watts]	PVENT1= 5.98
pot. do vent. do circ. de refr. do FREON [watts]	PVENT2= 41.65

⋮

⋮

numero de pessoas no recinto	NP = 20
carga termica [watts]	Q = 8000
fator de calor sensivel	FCS= 0.8
vazao massica de ar insuflado [Kg/s]	MAR1= 0.59
temp. b.s. do ar insufl. [°C]	TAR1= 15.1
temp. b.s. do ar externo [°C]	TEX = 28
umid. relat. do ar ext. [%]	FIEX= 70
temp. b.s. a manter na sala [°C]	TS = 25.8
potencia do compressor [watts]	PCOMP= 11448
pot. do vent. do circ. do ar insufl. [watts]	PVENT1= 9.70
pot. do vent. do circ. de refr. do FREON [watts]	PVENT2= 74.18



CAPÍTULO V

SIMULAÇÃO EXPERIMENTAL



Capítulo V : Simulação Experimental

A simulação experimental de um sistema em estudo, pode servir para verificar se o modelamento matemático-computacional foi adequadamente idealizado.

Pode-se, então, comparar e analisar os resultados obtidos na simulação teórica do sistema modelado com os obtidos na simulação experimental do sistema real, verificando-se, o quanto o modelamento físico-matemático é fiel ao sistema real de interesse.

V.1. O Sistema Real Simulado

Para a simulação experimental realizada, utilizou-se uma bancada de testes para condicionamento de ar existente no laboratório de Máquinas Térmicas do Campus de Guaratinguetá (UNESP), conforme mostrado na fig.26:

A bancada de testes foi convenientemente instalada de modo a constituir um sistema tipo CLEAN ROOM de Condicionamento de Ar.

Esta é constituída por :

A : secção de aspiração do ventilador

B : secção de aquecimento

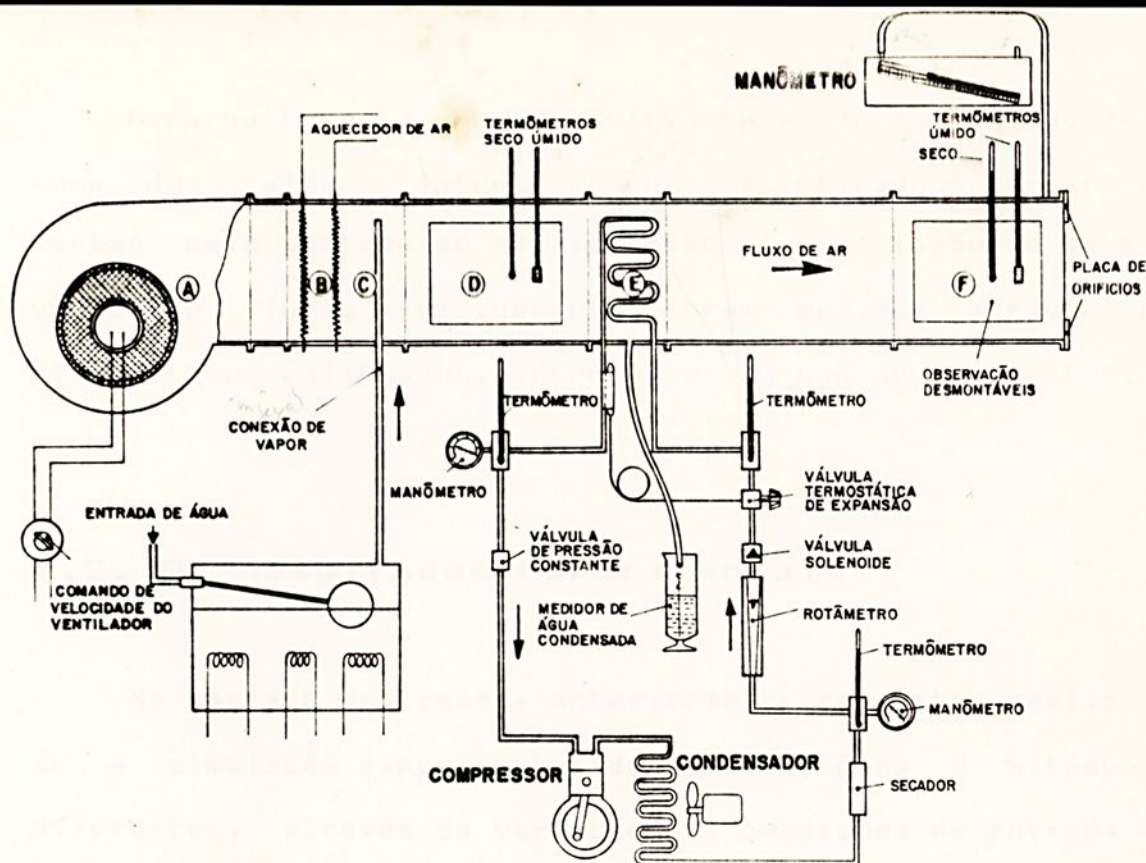
C : secção de injeção de vapor

D : secção de observação (entrada)

E : secção de refrigeração do ar

F : secção de observação (saída)





V.2. Características da Bancada de Testes

A bancada de testes utilizada para o levantamento dos valores experimentais, mostrada na Fig. 26, possui recursos que possibilitaram a simulação das variações das condições do ar de entrada, antes de passar pelo sistema de refrigeração.

Foi medida a potência elétrica total consumida pelo compressor e ventiladores, devido ao sistema de ligação elétrica da bancada, sendo portanto a curva representada na Fig. 27, o comportamento do conjunto ($P_c + P_{v1} + P_{v2}$) em relação a variação das condições de entrada. Entretanto, as grandezas das potências consumidas pelos ventiladores são muito menores do que a grandeza da potência consumida pelo compressor.

A carga térmica sobre o refrigerador foi calculada pela soma dos calores latente e sensível retirados do ar ao passar pelo sistema de refrigeração. A vazão de ar e a vazão do fluido refrigerante foram medidas através de dispositivos calibrados, integrantes da bancada de testes.

V.3. Os Resultados Experimentais

Na bancada de testes, anteriormente descrita, realizou-se a simulação experimental do sistema, para 3 situações diferentes, através da variação das condições de entrada do ar externo. Os resultados obtidos nas três simulações realizadas são mostrados na Tab. 4 :

Tab.4 : TABELA DE TESTES PARA UNIDADE DE AR CONDICIONADO

TESTE	1	2	3
vazão de ar [Kg/h]	527	635	695
T _{bs} ar de entrada [°C]	31,0	32,5	36,5
T _{bu} ar de entrada [°C]	22,0	21,5	23,5
T _{bs} ar de saída [°C]	19,3	22,5	25,0
T _{bu} ar de saída [°C]	17,5	17,7	21,0
vazão de refrigerante [Kg/h]	57,6	61,2	75,6
P saída do condens. [bar]	8,8	9,1	10,0
T saída do condens. [°C]	36,0	37,0	40,0
T entrada do evaporad. [°C]	6,5	7,0	10,0
T saída do evaporad. [°C]	12,0	12,0	17,0
P saída do evaporad. [bar]	2,8	2,9	3,3
Potência consumida [watts]	1121	1311	1761
Carga Térmica [watts]	2028	2082	2574
Fator de Calor Sensível	0,839	0,847	0,865



Plotando-se os valores das somas das potências consumidas pelo compressor e ventiladores em função da temperatura de bulbo seco do ar externo, temos o gráfico da Fig. 27.

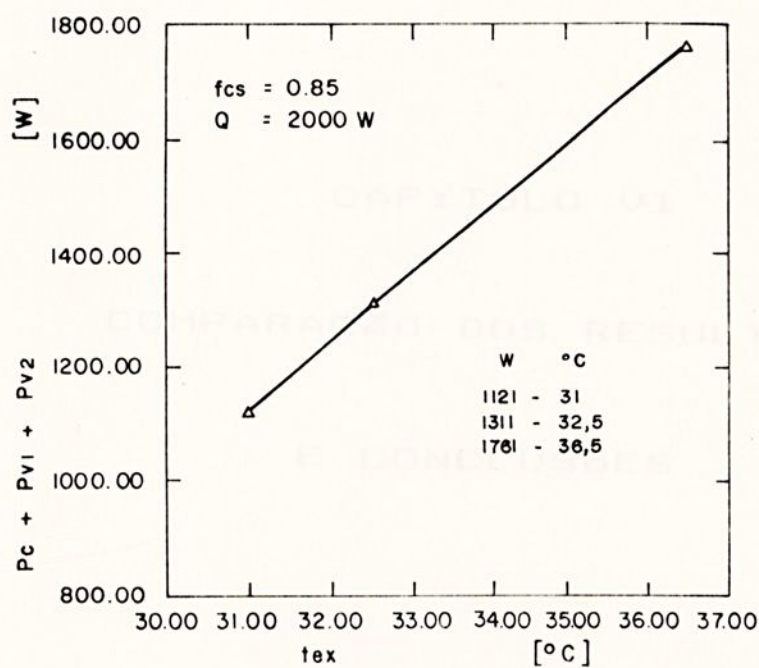


Fig. 27 : Curva dos Testes na Bancada de Ensaio



CAPÍTULO VI

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

E CONCLUSÕES



Capítulo VI : Comparação dos Resultados e Conclusões

VI.1. A Comparação dos Resultados

Para os testes realizados na simulação experimental, tivemos as seguintes condições para o ar de entrada :

Teste 1: $T_{bs} = 31\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\phi_{ex} = 45\%$
 $FCS = 0,839$

Teste 2: $T_{bs} = 32,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\phi_{ex} = 39\%$
 $FCS = 0,847$

Teste 3: $T_{bs} = 36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\phi_{ex} = 33\%$
 $FCS = 0,865$

Tomando-se o teste 2 para análise, vimos da Tab. 4 que a potência total consumida pelo compressor e pelos dois ventiladores foi de 1311 watts e a carga térmica sobre o refrigerador de 2082 watts.

Analisando as Figs. 17 , 18 , ... , 25 , observa-se que o compressor é o maior responsável pelo consumo de potência.



No caso do teste 2, a potência total de 1311 watts e 2082 watts de carga térmica, levados à fig. 20, mostram que a ordem de grandeza dos valores encontrados pela simulação são coerentes com os encontrados experimentalmente.

Comparando os resultados experimentais na Fig. 27 com a tendência dos valores obtidos na simulação, podemos prever o consumo de potência pelos elementos do sistema.

Realizando-se a simulação computacional dos três casos experimentais seleccionados obtemos os seguintes resultados :

Recinto tipo : 6

número de pessoas no recinto	NP	= 2
carga térmica [watts]	Q	= 2020
fator de calor sensível	FCS	= 0,839
vazão mássica do ar insufl. [kg/s]	MAR1	= 0,17
temperat. b.s. ar insufl. [°C]	TAR1	= 16,6
temperat. b.s. ar externo [°C]	TEX	= 31,0
umidade relat. ar externo [%]	FIEX	= 45
temp. b.s. a manter na sala [°C]	TS	= 26,3
potência do compressor [watts]	PCOMP	= 1113,7
pot. do ventil. circ. ar insufl. [watts]	PVENT1	= 2,85
pot. do vent. circ. refr. freon [watts]	PVENT2	= 14,07

número de pessoas no recinto	NP	= 2
carga térmica [watts]	Q	= 2082
fator de calor sensível	FCS	= 0,847
vazão mássica do ar insufl. [kg/s]	MAR1	= 0,19
temperat. b.s. ar insufl. [°C]	TAR1	= 17,2
temperat. b.s. ar externo [°C]	TEX	= 32,5
umidade relat. ar externo [%]	FIEX	= 39
temp. b.s. a manter na sala [°C]	TS	= 26,6
potência do compressor [watts]	PCOMP	= 1311,5
pot. do ventil. circ. ar insufl. [watts]	PVENT1	= 3,06
pot. do vent. circ. refr. freon [watts]	PVENT2	= 13,81

número de pessoas no recinto	NP	= 2
carga térmica [watts]	Q	= 2574
fator de calor sensível	FCS	= 0,865
vazão mássica do ar insufl. [kg/s]	MAR1	= 0,27
temperat. b.s. ar insufl. [°C]	TAR1	= 18,9
temperat. b.s. ar externo [°C]	TEX	= 36,5
umidade relat. ar externo [%]	FIEX	= 33
temp. b.s. a manter na sala [°C]	TS	= 27,3
potência do compressor [watts]	PCOMP	= 1753,4
pot. do ventil. circ. ar insufl. [watts]	PVENT1	= 4,36
pot. do vent. circ. refr. freon [watts]	PVENT2	= 21,02



VI.2. Conclusões

1 - A Fig. 28, que foi construída a partir da Fig. 20, quando fixamos a temperatura externa de bulbo seco do ar e vamos retirando os valores da potência consumida pelo compressor para as diversas cargas térmicas que poderiam estar aplicadas sobre o sistema térmico simulado, representa uma função "Potência x Carga Térmica", e pode ser usada para o controle de carga do motor acionador do compressor, de acordo com a necessidade do ambiente, ou seja, é uma função de controle do sistema térmico estudado.

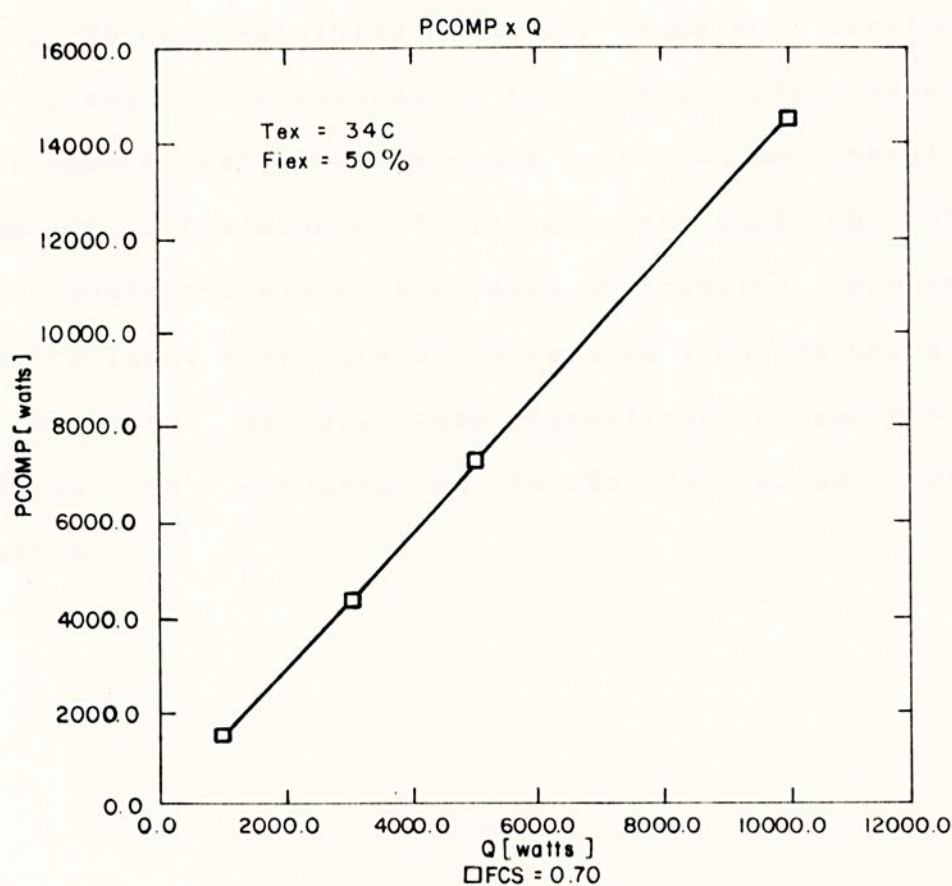


Fig.28 : Função de Controle do Compressor

2 - Comparando os valores obtidos para as potências (PCOMP) nos testes experimentais com os resultados obtidos pela simulação computacional podemos verificar a confiabilidade do algoritmo elaborado, e concluir que o mesmo é adequado à simulação do sistema proposto neste trabalho.

3 - A utilidade deste algoritmo elaborado é sentida quando temos necessidade de escolher para onde dirigir os estudos de otimização de projetos e como adotar valores empíricos durante o cálculo dos componentes de sistemas análogos, para que os resultados do aumento da eficiência desses componentes tenham influência no desempenho do sistema térmico. No caso escolhido para este trabalho, verifica-se que o sistema de condensação do fluido frigorífico deve ser exaustivamente estudado para que o consumo de energia do sistema de circulação do fluido de condensação não atinja valores inadmissíveis para a faixa de trabalho necessária. Por outro lado, a procura de um tamanho ideal da unidade de condicionamento de ar, pode significar o aumento da eficiência do conjunto em função da carga térmica necessária.



APÊNDICES



Apêndice A

Ar Externo Necessário para Insuflamento, Ref.[4]

APLICAÇÃO	pé ³ por pessoa	
	recomendado	mínimo
apartamento (médio, luxo)	20	10
banco	10	7,5
barbearia	15	10
salão de beleza	10	7,5
sala de corretores	50	20
lojas	7,5	5
sala de diretor	50	30
fábrica	10	7,5
quarto de hospital	30	25
enfermaria de hospital	20	10
quarto de hotel	30	25
laboratório	20	15
escritório privativo	30	25
escritório geral	15	10
cafeteria	12	10
restaurante	15	12
teatro	15	10



Apêndice B

Relatório de Temperaturas em Guaratinguetá, Ref.[5]

Temperatura Máxima no período de 1981/1988	37,5 °C
Temperatura Média Máxima (mensal) no período	34,0 °C
Temperaturas Máximas Médias Mensais [°C] :	
Ano 1981	
Mês	Temperatura
FEV	32,0
ABR	27,6
MAI	26,3
JUN	23,5
JUL	23,0
AGO	26,2
SET	29,0
OUT	26,6
NOV	29,6
DEZ	28,7
Ano 1982	
Mês	Temperatura
JAN	27,2
FEV	31,3
MAR	27,8
ABR	26,4
MAI	24,9
JUN	25,2
JUL	25,0
AGO	26,5
SET	26,7
OUT	27,8
NOV	30,2
DEZ	27,5
Ano 1983	
Mês	Temperatura
JAN	29,8
FEV	30,7
MAR	28,4
ABR	27,4
MAI	25,9
JUN	23,5
JUL	25,3
AGO	25,8
SET	22,8
OUT	26,1
NOV	29,6
DEZ	28,5



Ano 1984	
Mês	Temperatura
JAN	32,6
FEV	34,0
MAR	31,0
ABR	27,2
MAI	28,2
JUN	26,2
JUL	26,3
AGO	24,1
SET	27,1
OUT	30,2
NOV	29,5
DEZ	25,4
Ano 1985	
Mês	Temperatura
JAN	28,2
FEV	31,2
MAR	29,9
ABR	28,5
MAI	25,1
JUN	24,0
JUL	24,5
AGO	27,6
SET	26,1
OUT	28,2
NOV	29,0
DEZ	29,3
Ano 1986	
Mês	Temperatura
JAN	30,6
FEV	30,1
MAR	29,8
ABR	29,0
MAI	27,0
JUN	25,3
JUL	23,5
AGO	25,9
SET	26,6
OUT	28,6
NOV	31,0
DEZ	28,1



Ano	1987
Mês	Temperatura
JAN	30,5
FEV	31,1
MAR	30,0
ABR	29,0
MAI	24,8
JUN	23,5
JUL	26,4
AGO	26,4
SET	24,6
OUT	28,5
NOV	29,9
DEZ	30,5
Ano	1988
Mês	Temperatura
JAN	32,2
FEV	29,6
MAR	30,7
ABR	27,9
MAI	25,6
JUN	23,7
JUL	23,2
AGO	27,1
SET	28,7
OUT	26,8
NOV	27,3
DEZ	30,3



Apêndice C

Relatório de Umidades do Ar em Guaratinguetá, Ref.[5]

Umidade Relativa Máxima no período de 1981/1988	100%
Umidade Relativa Média Máxima (mensal) no período	82%
Umidade Relativa Média Mínima (mensal) no período	58%
Umidades Relativas Médias (mensais) [%]	
Ano 1981	
Mês	Umidade Relativa
FEV	65
ABR	65
MAI	70
JUN	70
JUL	71
AGO	66
SET	58
OUT	71
NOV	70
DEZ	72
Ano 1982	
Mês	Umidade Relativa
JAN	76
FEV	67
MAR	80
ABR	71
MAI	72
JUN	75
JUL	72
AGO	70
SET	64
OUT	67
NOV	70
DEZ	79



	Ano	1983
Mês	Umidade Relativa	
JAN	74	
FEV	73	
MAR	76	
ABR	77	
MAI	78	
JUN	82	
JUL	72	
AGO	67	
SET	81	
OUT	74	
NOV	68	
DEZ	77	
	Ano	1984
Mês	Umidade Relativa	
JAN	65	
FEV	62	
MAR	69	
ABR	74	
MAI	76	
JUN	74	
JUL	67	
AGO	72	
SET	64	
OUT	60	
NOV	67	
DEZ	72	
	Ano	1985
Mês	Umidade Relativa	
JAN	77	
FEV	74	
MAR	75	
ABR	73	
MAI	76	
JUN	70	
JUL	64	
AGO	59	
SET	68	
OUT	65	
NOV	66	
DEZ	69	



Ano 1986	
Mês	Umidade Relativa
JAN	68
FEV	75
MAR	74
ABR	71
MAI	75
JUN	70
JUL	74
AGO	71
SET	63
OUT	63
NOV	63
DEZ	78
Ano 1987	
Mês	Umidade Relativa
JAN	72
FEV	71
MAR	69
ABR	76
MAI	79
JUN	79
JUL	71
AGO	65
SET	77
OUT	71
NOV	69
DEZ	70
Ano 1988	
Mês	Umidade Relativa
JAN	71
FEV	76
MAR	70
ABR	70
MAI	80
JUN	74
JUL	70
AGO	60
SET	61
OUT	71
NOV	70
DEZ	70



Apêndice D

Condições Internas de Conforto no Verão, Ref.[6]

Temperatura Externa [°C]	Condições Internas	
	Temperatura B.S. [°C]	Umidade Relativa [%]
35	27,5	49
	27,0	55
	26,5	60
32	27,0	46
	26,5	52
	26,0	59
29	26,5	43
	26,0	51
	25,5	56



Apêndice F

Condições Internas de Conforto no Inverno, Ref.[6]

LOCAL	Temperatura Bulbo Seco [°C]	Umidade Relativa [%]
cinemas, teatros	23	50
edifícios públicos	22	60
fábricas e oficinas	20	70
ginásios	20	70
lojas	21	65
residências	23	50
salões de baile	21	65



Apêndice F

Condições Internas para Fins Industriais, Ref.[7]

Tipo do Recinto	Temperatura Bulbo Seco [°C]	Umidade Relativa [%]
padaria:		
sala de mistura de massa	26,5	40-50
sala de fermentação	26,5	70-75
fabrica de doces:		
sala de revestimento	26,5	50
sala de armazenagem	21	40-50
fabrica de balas:		
fabricação	26,5	30-40
embalagem	21	45-50
fabr. de prod. eletricos:		
fabricação	21	50-55
labor. de instrum.	21	50-55
bibliotecas:	26,5	40-50
museus:	26,5	40-50
indústria farmacêutica:		
armazenagem de pó	26,5	15-35
sala de moagem	26,5	35
imprensa (litografia)	26,5	46-86
industria têxtil:		
tecelagem de algodão	26,5	80
fiação de linho	26,5	60
fiação de rayon	32	50-60



Apêndice G

Arquivos do Banco de Dados

Arquivo das Propriedades do Freon 12 saturado

temperat.	pressão	entalp. liq.	entalp. vap.
T	P	h_l	h_v
[°C]	[Kpa]	[J/kg]	[J/Kg]
-25	123.7	13315	176352
-20	150.9	17800	178610
-15	182.6	22312	180846
-10	219.1	26851	183058
-5	261.0	31420	185243
0	308.6	36022	187397
5	362.6	40659	189518
10	423.3	45337	191602
15	491.4	50058	193644
20	567.3	54828	195641
25	651.6	59653	197586
30	744.9	64539	199475
35	847.7	69494	201299
40	960.7	74527	203051
45	1084.3	79647	204722
50	1219.3	84868	206298
55	1366.3	90201	207766
60	1525.9	95665	209109
65	1698.8	101279	210303
70	1885.8	107067	211321
75	2087.4	113058	212126
80	2304.6	119291	212665
85	2538.0	125818	212865



Arquivo das Condições de Conforto Interno no Verão (TEX.DAT)

temp. ext.	umid. relat.	temp. sala
T_{ex}	w_s	T_s
[°C]	[Kg/Kg ar seco]	[°C]
26	.0102	25.5
29	.0108	26
32	.0116	26.5
35	.0122	27
38	.0137	27.5
41	.0146	28

Arquivo das Quantidades Necessárias de Ar externo por pessoa

tipo de recinto	Quant. de Ar Ext. por pessoa [Kg/s]
1	.0028
2	.0055
3	.0065
4	.0084
5	.0097
6	.011
7	.0165
8	.028



temp. ar	cont. umid. ar	entalp. ar
T	w	h
[°C]	[Kg/Kg ar seco]	[J/Kg]
1	.0036	10000
2	.0040	12000
3	.0042	14000
4	.0045	16000
5	.0048	18000
6	.0052	19000
7	.0056	21000
8	.0058	23000
9	.0064	25000
10	.0068	27000
11	.0074	30000
12	.0078	32000
13	.0084	34000
14	.0090	37000
15	.0096	40000
16	.0104	42000
17	.0110	45000
18	.0116	48000
19	.0124	50000
20	.0132	53000
21	.0140	57000
22	.0150	60000
23	.0160	64000
24	.0170	67000
25	.0180	71000
26	.0192	75000
27	.0204	79000
28	.0216	83000
29	.0230	88000
30	.0244	92000
31	.0260	97000
32	.0274	102000
33	.0290	107000
34	.0310	113000
35	.0330	120000



temperatura T [°C]	umid. relat. ϕ [%]	entalpia h [J/Kg]
20	10	24000
20	20	28000
20	30	31000
20	40	35000
20	50	38000
20	60	42000
20	70	46000
20	80	50000
20	90	53000
25	10	31000
25	20	35000
25	30	40000
25	40	45000
25	50	50000
25	60	55000
25	70	60000
25	80	65000
25	90	70000
30	10	37000
30	20	43000
30	30	50000
30	40	58000
30	50	63000
30	60	70000
30	70	78000
30	80	85000
30	90	92000
35	10	45000
35	20	53000
35	30	62000
35	40	71000
35	50	81000
35	60	90000
35	70	99000
35	80	109000
35	90	119000
40	10	52000
40	20	64000
40	30	76000
40	40	88000
40	50	100000
40	60	112000
40	70	124000
40	80	136000
40	90	148000



Arquivo das Propriedades do Freon 12 superaquecido

pressão P [Kpa]	temperatura T [°C]	entalpia h [J/Kg]
500	20	196935
500	30	203814
500	40	210656
500	50	217484
500	60	224315
500	70	231161
500	80	238031
500	90	244932
500	100	251869
500	110	258845
500	120	265862
500	130	272923
600	30	202116
600	40	209154
600	50	216141
600	60	223104
600	70	230062
600	80	237027
600	90	244009
600	100	251016
600	110	258053
600	120	265124
600	130	272231
700	40	207580
700	50	214745
700	60	221854
700	70	228931
700	80	235997
700	90	243066
700	100	250146
700	110	257247
700	120	264374
700	130	271531
700	140	278720
700	150	285946
800	40	205924
800	50	213290
800	60	220558
800	70	227766
800	80	234941
800	90	242101
800	100	249260
800	110	256428
800	120	263613
800	130	270820
800	140	278055
800	150	285320



pressão P [Kpa]	temperatura T [°C]	entalpia h [J/Kg]
900	40	204170
900	50	211765
900	60	219212
900	70	226564
900	80	233856
900	90	241113
900	100	248355
900	110	255593
900	120	262839
900	130	270100
900	140	277381
900	150	284687
1000	50	210162
1000	60	217810
1000	70	225319
1000	80	232739
1000	90	240101
1000	100	247430
1000	110	254743
1000	120	262053
1000	130	269369
1000	140	276699
1000	150	284047
1000	160	291419
1200	50	206661
1200	60	214805
1200	70	222687
1200	80	230398
1200	90	237995
1200	100	245518
1200	110	252993
1200	120	260441
1200	130	267875
1200	140	275307
1200	150	282745
1200	160	290195
1400	60	211457
1400	70	219822
1400	80	227891
1400	90	235766
1400	100	243512
1400	110	251170
1400	120	258170
1400	130	266334
1400	140	273877
1400	150	281411
1400	160	288946



pressão P [Kpa]	temperatura T [°C]	entalpia h [J/Kg]
1600	70	216650
1600	80	225177
1600	90	233390
1600	100	241397
1600	110	249264
1600	120	257035
1600	130	264742
1600	140	272406
1600	150	280044
1800	70	213049
1800	80	222198
1800	90	230835
1800	100	239155
1800	110	247264
1800	120	255228
1800	130	263094
1800	140	270891
1800	150	278642
2000	80	218859
2000	90	228056
2000	100	236760
2000	110	246145
2000	120	253341
2000	130	261348
2000	140	269327
2000	150	277201
2500	90	219562
2500	100	229852
2500	110	239271
2500	120	248192
2500	130	256794
2500	140	265180
2500	150	273414
2500	160	281540
2500	170	289589
2500	180	297583
2500	190	305540
2500	200	313472



APÊNDICE H

ALGORÍTMOS COMPUTACIONAIS

PARA A SIMULAÇÃO

```

10 REM
20 REM
30 REM          C L E A N
40 REM          ALGORITMO COMPUTACIONAL
50 REM          *****
60 REM SIMULACAO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM
70 REM
80 REM Autor : Engo. Jefferson Almeida Ribeiro
90 REM
100 REM periodo : 1987/1990
110 REM
120 REM
130 CLS:KEY OFF
140 LOCATE 3,20
150 PRINT"SIMULACAO DE SISTEMAS TERMICOS"
160 LOCATE 6,10
170 PRINT "SIMULACAO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM"
180 LOCATE 10,5
190 PRINT"Este programa foi desenvolvido pelo Engo. Jefferson Almeida Ribeiro "
200 PRINT"sob orientacao do Prof. Dr. Paulo Magalhaes Filho no periodo de 1987"
210 PRINT"a 1990 , sendo parte integrante da sua Dissertacao de Mestrado."
220 LOCATE 16,5
230 PRINT"OBJETIVO : "
240 LOCATE 18,5
250 PRINT"O objetivo deste programa e' a simulacao de um sistema de condicio-"
260 PRINT"namento de ar tipo CLEAN ROOM, realizando uma estimativa da potencia"
270 PRINT"consumida pelo compressor e por cada ventilador do sistema, em funcao"
280 PRINT"de condicoes ambientais externas e carga termica num recinto (sala)."
290 LOCATE 23,5
300 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
310 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 310
320 REM
330 REM
340 REM          REPRESENTAAO ESQUEMATICA DO SISTEMA
350 REM          -----
360 REM
370 CLS
380 SCREEN 1 :COLOR 1,2
390 LINE (225,197)-(235,197),3
400 LINE (135,115)-(165,130),2,BF
410 LINE (135,50)-(165,65),2,BF
420 LINE (319,197)-(319,15),3
430 LINE (240,197)-(319,197),3
440 LINE (225,15)-(235,15),3
450 LINE (240,15)-(319,15),3
460 LINE (225,197)-(225,190),3
470 LINE (225,185)-(225,30),3
480 LINE (225,25)-(225,15),3
485 LINE (192,130)-(202,130),3
490 LINE (202,163)-(202,130),3
500 LINE (155,125)-(192,125),3
510 LINE (55,125)-(145,125),3
530 LINE (120,120)-(145,120),3
540 LINE (155,120)-(185,120),3
550 LINE (185,93)-(185,120),3
560 LINE (185,87)-(185,60),3
570 LINE (155,60)-(185,60),3
580 LINE (115,60)-(145,60),3
590 LINE (115,60)-(115,90),3
600 LINE (120,90)-(120,120),3

```




```

610 LINE (55,60)-(95,60),3
620 LINE (95,55)-(145,55),3
630 LINE (155,55)-(230,55),3
640 LINE (65,125)-(65,121),3
650 LINE (65,60)-(65,56),3
660 LINE (210,55)-(210,51),3
670 LINE (202,150)-(206,150),3
680 LINE (59,30)-(216,157),1,8
690 CIRCLE (95,60),5,3
700 CIRCLE (192,130),5,3
710 CIRCLE (185,90),3,3
720 CIRCLE (115,90),5,3
730 CIRCLE (65,52),4,3
740 CIRCLE (65,117),4,3
750 CIRCLE (210,47),4,3
760 CIRCLE (210,150),4,3
770 LINE (183,92)-(187,88),3
780 LINE (183,88)-(187,92),3
790 LINE (5,150)-(5,185),3
800 LINE (5,185)-(80,185),3
810 LINE (20,169)-(20,179),3
820 LINE (20,169)-(65,169),3
830 LINE (20,179)-(50,179),3
840 CIRCLE (34,185),31,3,.1,3!,2
850 CIRCLE (65,179),15,3,1.62,3.14,.6
860 X=65
870 Y=117
880 GOSUB 990
890 X=65
900 Y=52
910 GOSUB 990
920 X=210
930 Y=47
940 GOSUB 990
950 X=210
960 Y=150
970 GOSUB 990
980 GOTO 1030
990 LINE ((X-2),(Y+2))-((X+3),(Y-3)),3
1000 LINE ((X+1),(Y-2))-((X+3),(Y-3)),3
1010 LINE ((X+3),(Y-1))-((X+3),(Y-3)),3
1020 RETURN
1030 X=55
1040 Y=125
1050 GOSUB 1102
1060 X=115
1070 Y=125
1080 GOSUB 1102
1090 X=180
1100 Y=125
1101 GOTO 1110
1102 LINE ((X+1),(Y-2))-((X+1),(Y+2)),3
1103 LINE ((X),(Y-1))-((X),(Y+1)),3
1104 PSET ((X-1),(Y))
1105 RETURN
1110 GOSUB 1102
1120 X=55
1130 Y=60
1140 GOSUB 1250
1150 X=115

```



1160 Y=55
1170 GOSUB 1250
1180 X=190
1190 Y=55
1200 GOSUB 1250
1210 X=230
1220 Y=55
1230 GOSUB 1250
1240 GOTO 1350
1250 PSET (X,Y),3
1260 PSET ((X-1),(Y)),3
1270 PSET ((X+1),(Y)),3
1280 PSET ((X),(Y+1)),3
1290 PSET ((X),(Y-1)),3
1300 PSET ((X-1),(Y-1)),3
1310 PSET ((X-1),(Y+1)),3
1320 PSET ((X-1),(Y-2)),3
1330 PSET ((X-1),(Y+2)),3
1340 RETURN
1350 X=115
1360 Y=75
1370 GOSUB 1620
1380 X=120
1390 Y=115
1400 GOSUB 1620
1410 GOTO 1520
1420 PSET (X,Y),3
1430 PSET ((X),(Y-1)),3
1440 PSET ((X),(Y+1)),3
1450 PSET ((X+1),(Y)),3
1460 PSET ((X-1),(Y)),3
1470 PSET ((X-1),(Y+1)),3
1480 PSET ((X+1),(Y+1)),3
1490 PSET ((X-2),(Y+1)),3
1500 PSET ((X+2),(Y+1)),3
1510 RETURN
1520 X=185
1530 Y=70
1540 GOSUB 1420
1550 X=185
1560 Y=110
1570 GOSUB 1420
1580 X=202
1590 Y=163
1600 GOSUB 1420
1610 GOTO 1720
1620 PSET (X,Y),3
1630 PSET ((X),(Y-1)),3
1640 PSET ((X),(Y+1)),3
1650 PSET ((X+1),(Y)),3
1660 PSET ((X-1),(Y)),3
1670 PSET ((X-1),(Y-1)),3
1680 PSET ((X+1),(Y-1)),3
1690 PSET ((X-2),(Y-1)),3
1700 PSET ((X+2),(Y-1)),3
1710 RETURN
1720 LOCATE 7,3
1730 PRINT" AR"
1740 LOCATE 9,25
1750 PRINT"d"



1760 LOCATE 23,8
1770 PRINT"a"
1780 LOCATE 8,2
1790 PRINT" EXT."
1800 LOCATE 7,11
1810 PRINT"V1"
1820 LOCATE 15,25
1830 PRINT"c"
1840 LOCATE 21,9
1850 PRINT"b"
1860 LOCATE 18,23
1870 PRINT"V2"
1880 LOCATE 15,14
1890 PRINT"b"
1900 LOCATE 21,2
1910 PRINT"c"
1920 LOCATE 6,18
1930 PRINT"EVAP"
1940 LOCATE 9,14
1950 PRINT"a"
1960 LOCATE 23,2
1970 PRINT"d"
1980 LOCATE 18,17
1990 PRINT"COND"
2000 LOCATE 19,1
2010 PRINT"f"
2020 LOCATE 12,19
2030 PRINT"V.E."
2040 LOCATE 23,11
2050 PRINT"h"
2060 LOCATE 12,10
2070 PRINT"COMP"
2080 LOCATE 12,33
2090 PRINT"CLEAN"
2100 LOCATE 13,33
2110 PRINT"ROOM"
2120 LOCATE 1,7
2130 PRINT"REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA "
2140 LOCATE 2,12
2150 PRINT"DO SISTEMA"
2160 LOCATE 10,16
2170 PRINT"R12"
2180 LOCATE 7,30
2190 PRINT "AR1"
2200 LOCATE 22,25
2210 PRINT"AR"
2215 LOCATE 23,24
2216 PRINT"EXT."
2217 LOCATE 16,4
2218 PRINT"AR2"
2220 LOCATE 9,9
2230 PRINT"1"
2240 LOCATE 17,9
2250 PRINT"4"
2260 LOCATE 8,27
2270 PRINT"2"
2280 LOCATE 19,25
2290 PRINT"3"
2300 X=145




```

2310 Y=55
2320 GOSUB 2430
2330 X=145
2340 Y=120
2350 GOSUB 2430
2360 X=145
2370 Y=125
2380 GOSUB 2430
2390 X=145
2400 Y=60
2410 GOSUB 2430
2420 GOTO 2500
2430 LINE ((X),(Y))-((X+1),(Y-1)),3
2440 LINE ((X+1),(Y-1))-((X+3),(Y+1)),3
2450 LINE ((X+3),(Y+1))-((X+5),(Y-1)),3
2460 LINE ((X+5),(Y-1))-((X+7),(Y+1)),3
2470 LINE ((X+7),(Y+1))-((X+9),(Y-1)),3
2480 LINE ((X+9),(Y-1))-((X+10),(Y)),3
2490 RETURN
2500 X=235
2510 Y=15
2520 GOSUB 2630
2530 X=235
2540 Y=197
2550 GOSUB 2630
2560 X=240
2570 Y=197
2580 GOSUB 2630
2590 X=240
2600 Y=15
2610 GOSUB 2630
2620 GOTO 2710
2630 PSET (X,Y)
2640 PSET ((X+1),(Y-1))
2650 PSET ((X),(Y-2))
2660 PSET ((X-1),(Y-3))
2670 PSET ((X-1),(Y+1))
2680 PSET ((X),(Y+2))
2690 PSET ((X+1),(Y+3))
2700 RETURN
2710 X=225
2720 Y=25
2730 GOSUB 2840
2740 X=225
2750 Y=30
2760 GOSUB 2840
2770 X=225
2780 Y=185
2790 GOSUB 2840
2800 X=225
2810 Y=190
2820 GOSUB 2840
2830 GOTO 2920
2840 PSET (X,Y)
2850 PSET ((X-1),(Y-1))
2860 PSET ((X-2),(Y))
2870 PSET ((X-3),(Y+1))

```



```

2880 PSET ((X+1),(Y+1))
2890 PSET ((X+2),(Y))
2900 PSET ((X+3),(Y-1))
2910 RETURN
2920 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 2920
2930 CLS
2940 WIDTH 80 :COLOR 0,1
2950 LOCATE 2,10
2960 PRINT"Nomencatura utilizada no CROQUI : "
2970 LOCATE 5,1
2980 PRINT"COND : condensador"
2990 PRINT"EVAP : evaporador"
3000 PRINT"COMP : compressor"
3010 PRINT"V.E. : valvula de expansao"
3020 PRINT"V1 : ventilador do fluxo de ar insuflado na sala"
3030 PRINT"V2 : ventilador do fluxo de ar de refrigeracao do freon"
3040 PRINT"R12 : fluxo de FREON 12"
3050 PRINT"AR1 : fluxo de ar insuflado na sala"
3060 PRINT"AR2 : fluxo de ar de refrigeraao do freon12 no condensador"
3070 PRINT
3080 PRINT"AR EXT. : ar externo a sala"
3090 PRINT"a,b,c e d : pontos do ciclo termodinamico do fluido refrigerante"
3100 PRINT"1,2,3 e 4 : pontos de tomada de pressao, temperatura e umidade"
3110 LOCATE 23,5
3120 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
3130 C$=INKEY$ : IF C$="" THEN GOTO 3130
3140 LOAD"cleani",R

```



```

10 REM                      C L E A N 1
20 REM
30 REM          A L G O R I T M O   C O M P U T A C I O N A L
40 REM          *****
50 REM
60 REM SIMULACAO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM
70 REM
80 REM Autor : Engo. Jefferson Almeida Ribeiro
90 REM
100 REM periodo : 1987/1990
110 REM
120 REM
130 CLS:KEY OFF
140 LOCATE 5,20
150 PRINT"SIMULACAO DE SISTEMAS TERMICOS"
160 LOCATE 10,10
170 PRINT "SIMULACAO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM"
180 LOCATE 15,5
190 PRINT"                                P R I M E I R A           P A R T E           "
200 LOCATE 23,5
210 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
220 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 220
230 CLS
240 LOCATE 2,20
250 PRINT"SIMULACAO DO SISTEMA"
260 LOCATE 5,5
270 PRINT"Passos do Programa Computacional : "
280 PRINT
290 PRINT"1.Criacao dos arquivos de dados;"
300 PRINT"2.Ajuste de polinomio a curva;"
310 PRINT"3.Entrada das constantes do sistema;"
320 PRINT"4.Entrada dos valores das variaveis a manipular;"
330 PRINT"5.Aplicacao da tecnica de Newton-Raphson;"
340 PRINT"6.Resolucao dos ciclos termodinamicos;"
350 PRINT"7.Calculo da potencia do compressor;"
360 PRINT"8.Calculo da potencia dos ventiladores;"
370 PRINT"9.Calculos complementares;"
380 PRINT"10.Arquivos para montagem de graficos;"
390 PRINT"11.Apresentacao de tabelas."
400 LOCATE 23,5
410 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
420 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 420
430 CLS
440 PRINT
450 PRINT"Passo 1 : Criacao de arquivos de dados"
460 PRINT
470 PRINT
480 PRINT"1.1.Arquivo das propriedades do ar com FI=90%":PRINT"    TAR1, WAR1 ,
HAR1 : FI90.DAT"
490 PRINT"AR1 : ar insuflado na sala "
500 PRINT"WAR1 : conteudo de umidade do AR1 [Kg/Kg ar seco]"
510 PRINT"FIAR1: umidade relativa do AR1 [%]"
520 PRINT" TAR1 : temperatura de bulbo seco do AR1 [ C]"
530 PRINT" HAR1 : entalpia especifica do AR1 [J/Kg]"
540 PRINT
550 PRINT"1.2.Arquivo das proriiedades do ar a manter na sala ":PRINT"    TEX , W
S , TS : TEX.DAT"

```




```

560 PRINT"TS : temperatura de bulbo seco a ser mantida na sala [ C]"
570 PRINT"WS : conteudo de umidade do ar a ser mantida na sala [Kg/Kg ar seco]"
580 PRINT"TEX: temperatura de bulbo seco do ar externo a sala [ C]"
590 LOCATE 23,5
600 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
610 C$=INKEY$: IF C$="" THEN GOTO 610
620 CLS
630 PRINT
640 PRINT"1.3.Arquivo das propriedades termodinamicas do freon12 saturado"
650 PRINT"    T , P , h1 , hv : FRESAT.DAT"
660 PRINT"T : temperatura do freon saturado [ C]"
670 PRINT"P : pressao de saturacao do freon [KPa]"
680 PRINT"h1: entalpia especifica do liquido saturado [J/Kg]"
690 PRINT"hv: entalpia especifica do vapor saturado [J/Kg]"
700 PRINT
710 PRINT"1.4.Arquivo das propriedades termodinamicas do freon12 superaquecido"
720 PRINT"    T , P , h : FRESUP.DAT"
730 PRINT"T : temperatura do freon superaquecido [ C]"
740 PRINT"P : pressao do freon superaquecido [KPa]"
750 PRINT"h : entalpia especifica do freon superaquecido [J/Kg]"
760 LOCATE 23,5
770 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
780 C$=INKEY$: IF C$="" THEN GOTO 780
790 CLS
800 PRINT
810 PRINT"1.5.Arquivo das propriedades do ar externo"
820 PRINT"    TEX , FIEX , HEX : EXT.DAT"
830 PRINT"TEX : temperatura de bulbo seco do ar externo [ C]"
840 PRINT"FIEX: umidade relativa do ar externo [ %]"
850 PRINT"HEX : entalpia especifica do ar externo [J/Kg]"
860 PRINT
870 PRINT"1.6.Arquivo das quantidades de ar externo necessario por pessoa"
880 PRINT"    num recinto - QAE x recinto : QAREX.DAT"
890 PRINT"QAE : quant. de ar externo necessario por pessoa [Kg/s]"
900 LOCATE 23,5
910 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
920 C$=INKEY$: IF C$="" THEN GOTO 920
930 CLS
940 PRINT
950 PRINT"Passo 2 : Ajuste de polinomio a curva"
960 PRINT
970 PRINT"    Curva de WARI x TARI (FIARI=90%)"
980 PRINT
990 PRINT"ARI : ar insuflado na sala"
1000 PRINT"WARI : conteudo de umidade do ARI [ Kg/Kg ar seco]"
1010 PRINT"TARI : temperatura de bulbo seco de insuflamento do ARI [ C]"
1020 PRINT"FIARI: umidade relativa de insuflamento do ARI [%]"
1030 PRINT:PRINT
1040 PRINT"Passo 3 : Entrada das constantes do sistema"
1050 PRINT
1060 PRINT"KRI2 : CONSTANTE POLITROPICA DO FREON 12"
1070 PRINT"CPAR : CALOR ESPECIFICO (P= cte) DO AR [J/Kg C]"
1080 PRINT"CLVAG: CALOR LATENTE DE VAPORIZ. DA AGUA [J/Kg]"
1090 PRINT"G : ACELERACAO DA GRAVIDADE [m/s^2]"
1100 LOCATE 23,5
1110 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
1120 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 1120

```



```

1130 CLS
1140 PRINT
1150 PRINT"Passo 4 : Entrada dos valores das variaveis a manipular"
1160 PRINT:PRINT
1163 PRINT"NF : NUMERO DE PESSOAS NO RECINTO "
1164 PRINT
1170 PRINT"CS : COMPRIMENTO DA SALA [m]"
1180 PRINT"LS : LARGURA DA SALA [m]"
1190 PRINT"AS : ALTURA DA SALA [m]"
1200 PRINT
1210 PRINT"Q : CARGA TERMICA NA SALA [watts]"
1220 PRINT"FCS : FATOR DE CALOR SENSIVEL "
1230 PRINT"TEX : TEMPERATURA DE BULBO SECO DO AR EXTERNO [ C] ( 24 < TEX < 40 )"
1240 PRINT"FIEX: UNIDADE RELATIVA DO AR EXTERNO [%] ( 9 < FIEX < 91 )"
1250 PRINT
1260 PRINT"RV : RENDIMENTO DO VENTILADOR"
1270 PRINT"RG : RENDIMENTO TERMICO GLOBAL"
1280 PRINT
1290 PRINT"HT1 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR INSUFLADO NA SALA [m.c.ar]"
1300 PRINT"HT2 : PERDA DE CARGA NO CIRC. DO AR DE RESFRIAM. DO FREON [m.c.ar]"
1310 LOCATE 23,5
1320 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
1330 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 1330
1340 CLS
1350 PRINT
1360 PRINT"Passo 5 : Aplicacao da tecnica de Newton-Raphson"
1370 PRINT
1380 PRINT"Calculo de :"
1390 PRINT
1400 PRINT"MAR1 : VAZAO MASSICA DO AR1 [Kg/s]"
1410 PRINT"TAR1 : TEMPERATURA DE BULBO SECO DO AR1 [ C]"
1420 PRINT"onde :"
1430 PRINT"    AR1 : AR INSUFLADO NA SALA"
1440 PRINT
1450 PRINT"F1 : VALOR DA FUNCAO 1 A SER ZERADA"
1460 PRINT"F2 : VALOR DA FUNCAO 2 A SER ZERADA"
1470 PRINT
1480 PRINT"DF1MAR1 : DERIVADA DE F1 EM RELACAO A MAR1"
1490 PRINT"DF1TAR1 : DERIVADA DE F1 EM RELACAO A TAR1"
1500 PRINT"DF2MAR1 : DERIVADA DE F2 EM RELACAO A MAR1"
1510 PRINT"DF2TAR1 : DERIVADA DE F2 EM RELAAO A TAR1"
1520 PRINT
1530 PRINT"DMAR1 : VARIACAO DE MAR1"
1540 PRINT"DTAR1 : VARIACAO DE TAR1"
1550 LOCATE 23,5
1560 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
1570 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 1570
1580 CLS
1590 PRINT
1600 PRINT"Passo 6 : Resolucao do ciclo termodinamico do FREON 12 (A-B-C-D-A)"
1610 PRINT
1620 PRINT"Determinacao de:"
1630 PRINT
1640 PRINT"TD : TEMPERATURA DO FREON 12 NO PONTO D [ C] (saida da V.E.)"
1650 PRINT"TA : TEMPERATURA DO FREON 12 NO PONTO A [ C] (entrada do COMP.)"

```




```

1660 PRINT"HVA : ENTALPIA ESPECIFICA DO VAPOR NO PONTO A [J/Kg]"
1670 PRINT"PA : PRESSAO NO PONTO A [KPa]"
1680 PRINT"PD : PRESSAO NO PONTO D [KPa]"
1690 PRINT"TC : TEMPERATURA DO FREON 12 NO PONTO C [C] (entrada da V.E.)"
1700 PRINT"HLC : ENTALPIA ESPECIFICA DO LIQUIDO NO PONTO C [J/Kg]"
1710 PRINT"PC : PRESSAO NO PONTO C [KPa]"
1720 PRINT"HD : ENTALPIA ESPECIFICA NO PONTO D [J/Kg]"
1730 PRINT"HEX : ENTALPIA ESPECIFICA DO AR EXTERNO [J/Kg]"
1740 PRINT"HAR1: ENTALPIA ESPECIFICA DO AR INSUFLADO NA SALA [J/Kg]"
1750 PRINT"HR12: VAZAO MASSICA DE FREON 12 [Kg/s]"
1760 PRINT"PB : PRESSAO NO PONTO B [KPa] (saida do COMPR.)"
1770 PRINT"TB : TEMPERATURA DO FREON 12 NO PONTO B [C]"
1780 PRINT"HB : ENTALPIA ESPECIFICA NO PONTO B [J/Kg]"
1790 LOCATE 23,5
1800 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
1810 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 1810
1820 CLS
1830 PRINT
1840 PRINT"Passo 7 : Calculo da potencia do compressor"
1850 PRINT
1860 PRINT"PCOMP : potencia do compressor [watts]"
1870 PRINT:PRINT
1880 PRINT"Passo 8 : Calculo da potencia dos ventiladores"
1890 PRINT
1900 PRINT"FVENT1 : potencia do ventilador do circuito do AR1 [watts]"
1910 PRINT"HAR2 : vazao massica do fluxo de ar do circuito 2 [Kg/s]"
1920 PRINT"FVENT2 : potencia do ventilador do circuito do AR2 [watts]"
1930 PRINT:PRINT
1940 PRINT"Passo 9 : Calculos complementares"
1950 PRINT
1960 PRINT"NT : numero de trocas de ar da sala [trocas por hora]"
1970 PRINT"NU : num. de unid. necessarias do sistema (para higienizacao)"
1980 LOCATE 23,5
1990 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
2000 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 2000
2010 CLS:PRINT
2020 PRINT"Passo 10 : Arquivos para montagem de graficos"
2030 PRINT
2040 PRINT"grafico de PCOMP x TEX"
2050 PRINT"grafico de FVENT1 x TEX"
2060 PRINT"grafico de FVENT2 x TEX"
2070 PRINT:PRINT
2080 PRINT"Passo 11 : Apresentacao de tabela"
2090 PRINT
2100 PRINT"tabela de TEX,PCOMP,FVENT1,FVENT2"
2110 LOCATE 23,5
2120 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
2130 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 2130
2140 LOAD"clean2",R

```




```

10 REM
20 REM
30 REM          C L E A N 2
40 REM          A L G O R I T M O   C O M P U T A C I O N A L
50 REM          *****
60 REM SIMULACAO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM
70 REM
80 REM Autor : Engo. Jefferson Almeida Ribeiro
90 REM
100 REM periodo : 1987/1990
110 REM
120 REM
130 CLS:KEY OFF
140 LOCATE 5,20
150 PRINT"SIMULACAO DE SISTEMAS TERMICOS"
160 LOCATE 10,10
170 PRINT "SIMULACAO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM"
180 LOCATE 15,5
190 PRINT"          S E G U N D A   P A R T E          "
200 LOCATE 23,5
210 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
220 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 220
230 REM
240 REM
250 REM
260 CLS
270 PRINT
280 INPUT"estao prontos os arquivos de dados ? (s/n) ",A$
290 IF A$ <> "n" THEN GOTO 1530
300 REM
310 PRINT
320 INPUT"SENHA ?",SH$
330 IF SH$<>"CLEANROOM" THEN GOTO 1560
340 REM
350 REM          -----
360 REM          CRIACAO DE ARQUIVOS DE DADOS
370 REM          -----
380 REM
390 CLS
400 PRINT
410 INPUT"existe arquivo de WAR1 x TAR1 (FIAR1=90%) : FI90.DAT ? (s/n) ",A$
420 IF A$<>"n" THEN GOTO 580
430 REM
440 REM CRIANDO ARQUIVO FI90.DAT
450 REM (WAR1,HAR1) x TAR1 (FIAR1=90%)
460 REM
470 PRINT
480 PRINT"criando arquivo FI90.DAT"
490 OPEN"o",#1,"FI90.DAT"
500 INPUT"numero de coordenadas: N=",N
510 PRINT #1,N
520 FOR I=1 TO N
530 INPUT"coordenada (TAR1,WAR1,HAR1): ",TAR1,WAR1,HAR1
540 PRINT #1,TAR1;WAR1;HAR1
550 NEXT I
560 CLOSE #1
570 REM
580 CLS

```



```

590 PRINT
600 INPUT"existe arquivo de (WS,TS) x TEX : TEX.DAT ? (s/n) ",A$
610 IF A$ (>) "n" THEN GOTO 770
620 REM
630 REM CRIANDO ARQUIVO TEX.DAT
640 REM (WS,TS) x TEX
650 REM
660 PRINT
670 PRINT"criando arquivo TEX.DAT"
680 OPEN "o",#2,"TEX.DAT"
690 INPUT"numero de coordenadas : N=",N
700 PRINT #2,N
710 FOR I=1 TO N
720 INPUT"coordenada (TEX,WS,TS): ",TEX,WS,TS
730 PRINT #2,TEX,WS,TS
740 NEXT I
750 CLOSE #2
760 REM
770 CLS
780 PRINT
790 INPUT"existe o arquivo do FREON SATURADO para (T,P,h1,hv) : FRESAT.DAT ? (s/
n) ",A$
800 IF A$ (>) "n" THEN GOTO 960
810 REM
820 REM CRIANDO ARQUIVO FRESAT.DAT
830 REM (T,P,h1,hv) do FREON 12 saturado
840 REM
850 PRINT
860 PRINT"criando arquivo FRESAT.DAT"
870 OPEN "o",#3,"FRESAT.DAT"
880 INPUT"numero de coordenadas: N=",N
890 PRINT #3,N
900 FOR I= 1 TO N
910 INPUT"coordenada (T,P,h1,hv) : ",T,P,HL,HV
920 PRINT #3,T;P;HL;HV
930 NEXT I
940 CLOSE #3
950 REM
960 CLS
970 PRINT
980 INPUT"existe o arquivo do FREON SUPERAQUECIDO para (T,P,h) : FRESUP.DAT ? (s
/n) ",A$
990 IF A$ (>) "n" THEN GOTO 1140
1000 REM
1010 REM CRIANDO ARQUIVO FRESUP.DAT
1020 REM (P,T,h) do FREON 12 superaquecido
1030 REM
1040 PRINT
1050 PRINT"criando arquivo FRESUP.DAT"
1060 OPEN "o",#4,"FRESUP.DAT"
1070 INPUT"numero de coordenadas: N=",N
1080 PRINT #4,N
1090 FOR I=1 TO N
1100 INPUT"coordenada (P,T,h): ",P,T,H
1110 PRINT #4,P;T;H
1120 NEXT I
1130 CLOSE #4
1140 CLS
1150 PRINT

```




```

1160 INPUT"existe o arquivo de (FIEX,HEX) x TEX : EXT.DAT ? (s/n) ",A$
1170 IF A$ <> "n" THEN GOTO 1320
1180 REM
1190 REM CRIANDO ARQUIVO EXT.DAT
1200 REM (FIEX,HEX) x TEX
1210 REM
1220 PRINT
1230 PRINT" criando arquivo EXT.DAT"
1240 OPEN"O",#5,"EXT.DAT"
1250 INPUT"numero de coordenadas: N=",N
1260 PRINT #5,N
1270 FOR I=1 TO N
1280 INPUT"coordenada (TEX,FIEX,HEX) : ",TEX,FIEX,HEX
1290 PRINT #5,TEX,FIEX,HEX
1300 NEXT I
1310 CLOSE #5
1320 CLS
1330 PRINT
1340 INPUT"existe o arquivo das quant. de ar externo necessario : QAREX.DAT ? (s
/n) ",A$
1350 IF A$ <> "n" THEN GOTO 1530
1360 REM
1370 REM CRIANDO ARQUIVO QAREX.DAT
1380 REM QAE x recinto
1390 REM
1400 PRINT
1410 PRINT"criando arquivo QAREX.DAT"
1420 OPEN"O",#12,"QAREX.DAT"
1430 INPUT"numero de coordenadas : N=",N
1440 PRINT #12,N
1450 FOR I=1 TO N
1460 INPUT"coordenada (codigo recinto,QAE) : ",CR,QAE
1470 PRINT #12,CR,QAE
1480 NEXT I
1490 CLOSE #12
1500 REM
1510 REM
1520 REM -----
1530 REM AJUSTE DE POLINOMIO A CURVA
1540 REM -----
1550 REM
1560 DIM XX(40),A(40,84),B(40),Y(40),X(40),TEMP(40)
1570 REM
1580 CLS
1590 LOCATE 2,10
1600 PRINT"AJUSTE DE POLINOMIO A CURVA"
1610 REM
1620 REM CURVA DE (WARI,HARI) x TARI (FIARI=90%)
1630 REM
1640 LOCATE 4,5
1650 PRINT"CURVA DE WARI x TARI para (FIARI=90%)"
1660 PRINT
1670 PRINT"ARI : ar insuflado na sala"
1680 PRINT"WARI : conteudo de umidade do ARI [ Kg/Kg ar seco]"
1690 PRINT"TARI : temperatura de bulbo seco do ARI [ C]"
1700 PRINT"FIARI: umidade relativa do ARI [%]"

```




```

1710 PRINT
1720 P=2
1730 PRINT"P : grau do polinomio a ajustar a curva   P = ";P
1740 OPEN"i",#1,"FI90.DAT"
1750 INPUT #1,N
1760 FOR I=1 TO N
1770 INPUT #1,X,Y,Z
1780 X(I)=X
1790 Y(I)=Y
1800 NEXT I
1810 CLOSE #1
1820 REM
1830 REM
1840 REM      CHAMANDO A SUBROTINA
1850 REM      -----
1860 REM
1870 GOSUB 2700
1880 AFI90=A(1,4)
1890 BFI90=A(2,4)
1900 CFI90=A(3,4)
1910 LOCATE 14,5
1920 PRINT"EQUACAO DO POLINOMIO AJUSTADO A CURVA"
1930 LOCATE 16,43
1940 PRINT"2"
1950 LOCATE 17,10
1960 PRINT" WARI = a + b * TARI + c * (TARI)"
1970 LOCATE 19,5
1980 PRINT"a= ";AFI90
1990 LOCATE 20,5
2000 PRINT"b= ";BFI90
2010 LOCATE 21,5
2020 PRINT"c= ";CFI90
2030 LOCATE 23,5
2040 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
2050 C$= INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 2050
2060 OPEN"o",#7,"CONST.DAT"
2070 PRINT #7,AFI90;BFI90;CFI90
2080 CLOSE #7
2090 CLS
2100 LOCATE 5,1
2110 INPUT"resultados definitivos ou testes ? (r/t) ",R$
2120 INPUT"utilizara a impressora ? (s/n) ",F$
2130 INPUT"imprime todos os resultados dos calculos ou so das potencias ? (c/p)
",H$
2140 INPUT"montara graficos ? (s/n) ",G$
2150 OPG$="0"
2160 INPUT"destroi algum arquivo ja existente ? (s/n) ";NG$
2170 IF NG$="s" THEN INPUT"todos os arquivos,os dos graficos ou so dos resultado
s simulados (t/g/rs) ? ",QA$
2180 IF G$("<")"s" THEN GOTO 2250
2190 CLS:LOCATE 5,10 :PRINT"TIPOS DE GRAFICOS :":LOCATE 7,1
2200 PRINT"1.Potencias X TEX (familia de F.C.S)"
2210 PRINT"2.Potencias x TEX (familia de FIEX)"
2220 PRINT"3.Potencias x TEX (familia de Q)"
2230 INPUT"opao : ";OPG$
2240 IF OPG$("<")"1" AND OPG$("<")"2" AND OPG$("<")"3" THEN GOTO 2140
2250 CLS:LOCATE 5,10 :PRINT"RECINTO QUE SERA CONDICIONADO :":LOCATE 7,1

```



```

2260 PRINT"1.bombonieras,farmacias....."
2270 PRINT"2.bancos,lojas,magazines....."
2280 PRINT"3.barbearias,lanchonetes....."
2290 PRINT"4.teatros,cinemas,auditorios....."
2300 PRINT"5.apartamentos,escritorios....."
2310 PRINT"6.laboratorios,CID's....."
2320 PRINT"7.quartos de : hospitais/hoteis..."
2330 PRINT"8.salas-reuniao,hall p/ fumantes.."
2340 INPUT"opao :";REC
2350 IF REC<>1 AND REC<>2 AND REC<>3 AND REC<>4 AND REC<>5 AND REC<>6 AND REC<>7
AND REC<>8 THEN GOTO 2250
2370 OPEN"o",#8,"ax.dat"
2380 PRINT #8,CHR$(34);F$;CHR$(34);CHR$(34);G$;CHR$(34);CHR$(34);R$;CHR$(34);CHR
$(34);H$;CHR$(34);CHR$(34);OPG$;CHR$(34);REC
2390 CLOSE #8
2400 IF NG$<>"s" THEN GOTO 2670
2410 IF QA$="rs" THEN GOTO 2620
2420 OPEN"o",#9,"graf1.dat"
2430 OPEN"o",#10,"graf2.dat"
2440 OPEN"o",#11,"graf3.dat"
2450 CLOSE #9 : CLOSE #10 : CLOSE #11
2460 OPEN"o",#17,"grafia.dat"
2470 OPEN"o",#18,"graf2a.dat"
2480 OPEN"o",#19,"graf3a.dat"
2490 CLOSE #17:CLOSE #18:CLOSE #19
2500 OPEN"o",#20,"graf1b.dat"
2510 OPEN"o",#21,"graf2b.dat"
2520 OPEN"o",#22,"graf3b.dat"
2530 CLOSE #20:CLOSE #21:CLOSE #22
2540 OPEN"o",#23,"graf1c.dat"
2550 OPEN"o",#24,"graf2c.dat"
2560 OPEN"o",#25,"graf3c.dat"
2570 CLOSE #23:CLOSE #24:CLOSE #25
2580 OPEN"o",#26,"graf1d.dat"
2590 OPEN"o",#27,"graf2d.dat"
2600 OPEN"o",#28,"graf3d.dat"
2610 CLOSE #26:CLOSE #27:CLOSE #28
2620 IF QA$="g" THEN GOTO 2670
2630 OPEN "o",#14,"IC.DAT"
2640 CLOSE #14
2650 OPEN"o",#13,"tab.dat"
2660 CLOSE #13
2670 LOAD"clean3",R
2680 REM
2690 REM
2700 REM SUBROTINA DE AJUSTE DE POLINOMIOS A CURVAS
2710 REM =====
2720 REM
2730 REM
2740 REM VALORES AUXILIARES
2750 REM
2760 PP=P + P
2770 PONE = P+1
2780 REM
2790 REM TERMOS DAS EQUACOES NORMAIS
2800 REM

```




```

2810 XX(1)=N
2820 FOR J=1 TO PP
2830 XX(J+1)=0
2840 FOR I= 1 TO N
2850 XX(J+1)=XX(J+1)+X(I)^J
2860 NEXT I
2870 NEXT J
2880 REM
2890 REM CALCULO DE B
2900 REM
2910 B(1)=0
2920 FOR I= 1 TO N
2930 B(1)=B(1)+Y(I)
2940 NEXT I
2950 FOR J=2 TO PONE
2960 B(J)=0
2970 FOR I= 1 TO N
2980 B(J)=B(J)+Y(I)*X(I)^(J-1)
2990 NEXT I
3000 NEXT J
3010 REM
3020 REM MATRIZ DAS EQUACOES NORMAIS
3030 REM
3040 FOR I= 1 TO PONE
3050 A(I,PONE+1)=B(I)
3060 FOR J=1 TO PONE
3070 REM
3080 REM EXPANSAO DA MATRIZ
3090 REM
3100 JE=J+PONE+1
3110 A(I,JE)=0
3120 REM
3130 REM CALCULO DOS TERMOS NORMAIS
3140 REM
3150 IJ=I+J-1
3160 A(I,J)=XX(IJ)
3170 NEXT J
3180 NEXT I
3190 REM
3200 REM RESOLUCAO DAS EQUACOES NORMAIS POR ELIMINACAO
3210 REM
3220 NA=2*PONE+1
3230 FOR K=1 TO PONE
3240 PIVOT=A(K,K)
3250 FOR I=1 TO PONE
3260 TEMP(I)=A(I,K)
3270 NEXT I
3280 FOR J=K TO NA
3290 A(K,J)=A(K,J)/PIVOT
3300 FOR I= 1 TO PONE
3310 IF (I-K)=0 THEN GOTO 3330
3320 A(I,J)=A(I,J)-TEMP(I)*A(K,J)
3330 NEXT I
3340 NEXT J
3350 NEXT K
3360 RETURN

```




```

10 REM
20 REM
30 REM          C L E A N 3
40 REM          ALGORITMO COMPUTACIONAL
50 REM          *****
60 REM SIMULACAO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM
70 REM
80 REM Autor : Engo. Jefferson Almeida Ribeiro
90 REM
100 REM periodo : 1987/1990
110 REM
120 REM
130 CLS:KEY OFF
140 LOCATE 5,20
150 PRINT"SIMULACAO DE SISTEMAS TERMICOS"
160 LOCATE 10,10
170 PRINT "SIMULACAO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM"
180 LOCATE 15,5
190 PRINT"          T E R C E I R A      P A R T E          "
200 OPEN"i",#8,"ax.dat"
210 INPUT #8,F$,G$,R$,H$,OPG$,REC
220 CLOSE #8
230 IF R$="r" THEN GOTO 270
240 LOCATE 23,5
250 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
260 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 260
270 OPEN "i",#7,"CONST.DAT"
280 INPUT #7,AFI90,BFI90,CFI90
290 CLOSE #7
300 CLS
310 REM
320 REM
330 REM          DIMENSIONALIZACAO DE VARIAVEIS
340 REM          -----
350 REM
360 DIM TS(10),WS(10),TEX(10)
370 REM
380 REM
390 REM          -----
400 REM          ENTRADA DAS CONSTANTES DO SISTEMA
410 REM          -----
420 REM
430 LOCATE 2,10
440 PRINT"ENTRADA DAS CONSTANTES DO SISTEMA"
450 REM
460 KR12=1.16
470 CPAR=1003.2
480 CLVAG=540*1000*4.18
490 G=9.810001
500 ROAR=1.17
510 REM
520 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
530 PRINT"KR12 : CONSTANTE POLITROPICA DO FREON 12          KR12 = ":KR12
540 PRINT"CPAR : CALOR ESPECIFICO (P= cte) DO AR [J/Kg C]  CPAR = ":CPAR
550 PRINT"CLVAG: CALOR LATENTE DE VAPORIZ. DA AGUA [J/Kg]  CLVAG= ":CLVAG
560 PRINT"G      : ACELERACAO DA GRAVIDADE [m/s^2]          G      = ":G:PRINT US
ING"##.##":G
570 PRINT"ROAR : MASSA ESPECIFICA DO AR [Kg/m^3]            ROAR = ":ROAR
580 IF R$="r" THEN GOTO 620

```



```

590 LOCATE 23,5
600 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
610 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 610
620 CLS
630 REM
640 REM
650 REM -----
660 REM ENTRADA DOS VALORES DAS VARIÁVEIS A MANIPULAR
670 REM -----
680 REM
690 CLS
700 LOCATE 2,5
710 PRINT"ENTRADA DOS VALORES DAS VARIÁVEIS A MANIPULAR"
720 PRINT
725 INPUT"NP : NUM. DE PESSOAS NO RECINTO NP= ";NP
726 PRINT
730 INPUT"RG : RENDIMENTO TERMICO GLOBAL RG= ";RG
740 IF RG=0 THEN LOAD"clean6",R
750 INPUT"RV : RENDIM. DOS VENTILADORES RV= ";RV
760 PRINT
770 INPUT"HT1 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR1 [m.c.ar] HT1= ";HT1
780 INPUT"HT2 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR2 [m.c.ar] HT2= ";HT2
790 PRINT
800 INPUT"CS : COMPRIMENTO DA SALA [m] CS= ";CS
810 INPUT"LS : LARGURA DA SALA [m] LS= ";LS
820 INPUT"AS : ALTURA DA SALA [m] AS= ";AS
830 IF F$(">") THEN GOTO 1100
840 LPRINT" SIMULACAO DE SISTEMAS TERMICOS"
850 LPRINT:LPRINT:LPRINT
860 LPRINT"SIMULACAO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM"
870 LPRINT
880 LPRINT"RECINTO A SER CONDICIONADO : TIPO ";REC
890 LPRINT"numero de pessoas no recinto NP=";NP
900 LPRINT:LPRINT
910 LPRINT"CONSTANTES DO SISTEMA"
920 LPRINT
930 LPRINT"KR12 : CONSTANTE POLITROPICA DO FREON 12 KR12 = ";KR12
940 LPRINT"CPAR : CALOR ESPECIFICO (P= cte) DO AR [J/kg C] CPAR = ";CPAR
950 LPRINT"CLVAG: CALOR LATENTE DE VAPORIZ. DA AGUA [J/kg] CLVAG= ";CLVAG
960 LPRINT"G : ACELERACAO DA GRAVIDADE [m/s^2] G = ";G
970 LPRINT"ROAR : MASSA ESPECIFICA DO AR [kg/m^3] ROAR = ";ROAR
980 LPRINT:LPRINT
990 LPRINT"VARIÁVEIS MANIPULADAS "
1000 LPRINT
1010 LPRINT"RG : RENDIMENTO TERMICO GERAL RG = ";RG
1020 LPRINT"RV : RENDIM. DOS VENTILADORES RV = ";RV
1030 LPRINT
1040 LPRINT"HT1 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR1 [m.c.ar] HT1 = ";HT1
1050 LPRINT"HT2 : PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DO AR2 [m.c.ar] HT2 = ";HT2
1060 LPRINT
1070 LPRINT"CS : COMPRIMENTO DA SALA [m] CS = ";CS
1080 LPRINT"LS : LARGURA DA SALA [m] LS = ";LS
1090 LPRINT"AS : ALTURA DA SALA [m] AS = ";AS
1100 PRINT
1110 INPUT"Q : CARGA TERMICA NA SALA [watts] Q
= ";Q
1120 INPUT"TEX : TEMPER.DE BULBO SECO DO AR EXTERNO [C] (24 < TEX < 40) TEX
= ";TEX

```

LPRINT = ?

2 de cada 1000




```

1130 INPUT"FIEX: UMIDADE RELATIVA DO AR EXTERNO [C] (9 < FIEX < 91)      FIEX
= ";FIEX
1140 INPUT"FCS : FATOR DE CALOR SENSIVEL ( <0.7 pode nao convergir)      FCS
= ";FCS
1150 IF OPG$("<")"1" AND OPG$("<")"2" AND OPG$("<")"3" THEN GOTO 1180
1160 LOCATE 21,10
1170 INPUT "curva (1 'a 5) :";CUR
1180 LOCATE 23,1 :PRINT"para finalizar simulacao faa RG = 0 "
1190 OPEN"a",#14,"DC.DAT"
1200 IF OPG$="1" THEN PRINT #14,FCS
1210 IF OPG$="2" THEN PRINT #14,FIEX
1220 IF OPG$="3" THEN PRINT #14,Q
1230 CLOSE #14
1240 FOR ABC=1 TO 10000
1250 NEXT ABC
1260 IF F$("<")"s" THEN GOTO 1330
1270 LPRINT
1280 LPRINT"Q : CARGA TERMICA NA SALA [Watts]                                Q = ";Q
1290 LPRINT"FCS : FATOR DE CALOR SENSIVEL NA SALA                          FCS = ";FCS
1300 LPRINT"TEX : TEMPERATURA DE BULBO SECO DO AR EXTERNO [ C]            TEX = ";TEX
1310 LPRINT"FIEX: UMIDADE RELATIVA DO AR EXTERNO [ C]                     FIEX= ";FIEX
1320 LPRINT:LPRINT:LPRINT"VARIAVEIS RELACIONADAS":LPRINT
1330 OPEN"1",#2,"TEX.DAT"
1340 INPUT #2,N
1350 FOR I=1 TO N
1360 INPUT #2,T1,W,T2
1370 TEX(I)=T1
1380 WS(I)=W
1390 TS(I)=T2
1400 IF TEX(I)>TEX THEN GOTO 1440
1410 NEXT I
1420 PRINT"nao ha TEX no arquivo de temperaturas externas"
1430 CLOSE #2 :STOP
1440 WS=WS(I-1)-((TEX(I-1)-TEX)*(WS(I-1)-WS(I))/(TEX(I-1)-TEX(I)))
1450 TS=TS(I-1)-((TEX(I-1)-TEX)*(TS(I-1)-TS(I))/(TEX(I-1)-TEX(I)))
1460 CLS
1470 PRINT:PRINT"VARIAVEIS RELACIONADAS":PRINT
1480 PRINT"TS : TEMP. DE BULBO SECO A SE MANTER NA SALA [ C]              TS = ";PRINT
    USING"##.##";TS
1490 PRINT"WS : CONT. DE UMID. A MANTER NA SALA [Kg/Kg ar seco]          WS = ";WS
1500 TAR2 = TEX + 5
1510 PRINT
1520 PRINT"TAR2 : TEMP. DE BULBO SECO DE SAIDA DO AR2 [ C]                TAR2= ";TAR2
1530 PRINT"onde : "
1540 PRINT"      AR2 : AR PARA RESFRIAMENTO DO FREON 12 NO CONDENSADOR"
1550 IF F$("<")"s" THEN GOTO 1620
1560 LPRINT"TS : TEMP. DE BULBO SECO A SE MANTER NA SALA [ C]            TS = ";LPRINT
    NT USING"##.##";TS
1570 LPRINT"WS : CONT. DE UMID. A MANTER NA SALA [Kg/Kg ar seco]          WS = ";WS
1580 LPRINT
1590 LPRINT"TAR2: TEMP. DE BULBO SECO DE SAIDA DO AR2 [ C]                TAR2= ";TAR2
1600 LPRINT"onde : "
1610 LPRINT"      AR2 : AR PARA RESFRIAMENTO DO FREON 12 NO CONDENSADOR"
1620 CLOSE #2
1630 IF F$("<")"s" THEN GOTO 1650
1640 LPRINT:LPRINT:LPRINT
1650 IF R$="r" THEN GOTO 1730
1660 LOCATE 23,5
1670 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
1680 C$= INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 1680

```




```

1690 REM
1700 REM
1710 REM
1720 REM -----
1730 REM      APLICACAO DA TECNICA DE NEWTON-RAPHSON
1740 REM      -----
1750 REM
1760 CLS
1770 LOCATE 2,5
1780 PRINT"TECNICA DE NEWTON-RAPHSON"
1790 PRINT
1800 PRINT"Determinacao de :"
1810 PRINT
1820 PRINT"MAR1 : VAZAO MASSICA DO AR1 [Kg/s]"
1830 PRINT"TAR1 : TEMPERATURA DE BULBO SECO DO AR1 [ C]"
1840 PRINT"onde :"
1850 PRINT"      AR1 : AR INSUFLADO NA SALA"
1860 PRINT:PRINT:PRINT
1870 PRINT "F1 : VALOR DA FUNCAO 1 A SER ZERADA"
1880 PRINT"F2 : VALOR DA FUNCAO 2 A SER ZERADA"
1890 PRINT:PRINT
1910 FOR TAR1=.1 TO 40 STEP .1
1920 X1=Q*FCS
1930 X2=CPAR*(TS-TAR1)
1940 MAR11=X1/X2
1950 Y1=Q*(1-FCS)
1960 Y2=CFI90*(TAR1^2)
1970 Y3=AFI90+(BFI90*TAR1)+Y2
1980 Y4=CLVAG*(WS-Y3)
1990 MAR12=Y1/Y4
2000 DIF=(MAR11-MAR12)/MAR11
2010 IF ABS(DIF)<.05 THEN GOTO 2100
2020 NEXT TAR1
2030 PRINT"nao convergiu"
2040 IF F$((">")) THEN GOTO 2060
2050 LPRINT"nao convergiu"
2051 LPRINT CHR$(12)
2060 IF R$((">")) THEN GOTO 2090
2070 LOCATE 23,5:PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
2080 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 2080
2090 RUN
2100 MAR1=(MAR11+MAR12)/2
2110 IF F$((">")) THEN GOTO 2210
2120 IF H$((">")) THEN GOTO 2210
2130 LPRINT"pelo Metodo de NEWTON-RAPHSON":LPRINT
2140 LPRINT"valores iniciais para : "
2150 LPRINT"MAR1 : VAZAO MASSICA DO AR1 ",MAR1= ":LPRINT USING"##.###";MAR1;:L
PRINT" [Kg/s]"
2160 LPRINT"TAR1 : TEMPERATURA DE BULBO SECO DO AR1 ",TAR1= ":LPRINT USING"##.
H";TAR1;:LPRINT" [ C]"
2170 LPRINT"onde :"
2180 LPRINT"      AR1 : AR INSUFLADO NA SALA"
2190 REM
2200 REM
2210 REM      TABELA DE RESULTADOS PARCIAIS
2220 REM      -----
2230 REM
2240 LOCATE 23,5
2250 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"

```



```

2260 IF F$(">s") THEN GOTO 2310
2270 IF H$(">c") THEN GOTO 2310
2280 LPRINT:LPRINT
2310 IF R$="r" THEN GOTO 2330
2320 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 2320
2330 CLS
2340 PRINT
2350 PRINT"TABELA DE RESULTADOS PARCIAIS"
2360 PRINT"-----"
2370 PRINT"!   MAR1   !   TAR1   !   F1   !   F2   !"
2380 PRINT"-----"
2390 IF F$(">s") THEN GOTO 2480
2400 IF H$(">c") THEN GOTO 2480
2460 REM
2470 REM
2480 REM      CALCULO DAS FUNCOES F1 E F2
2490 REM      -----
2500 REM
2510 KO=0
2520 F1=(MAR1*CPAR*TS)-(MAR1*CPAR*TAR1)-(Q*FCS)
2530 F2=(CLVAG*MAR1*WS)-(CLVAG*MAR1*AFI90)-(CLVAG*MAR1*BFI90*TAR1)-(CLVAG*MAR1*CFI90*(TAR1^2))-Q+(Q*FCS)
2540 KO=KO+1
2550 IF KO>30 THEN GOTO 2030
2560 IF ABS(F1)<.01 AND ABS(F2)<.01 THEN GOTO 2890
2570 REM
2580 REM
2590 REM      CALCULO DAS DERIVADAS DE F1 E F2 EM RELACAO A MAR1 E TAR1
2600 REM      -----
2610 DF1MAR1=(CPAR*TS)-(CPAR*TAR1)
2620 DF1TAR1=-(MAR1*CPAR)
2630 DF2MAR1=(CLVAG*WS)-(CLVAG*AFI90)-(CLVAG*BFI90*TAR1)-(CLVAG*CFI90*(TAR1^2))
2640 DF2TAR1=-(CLVAG*MAR1*BFI90)-(2*CLVAG*MAR1*CFI90*TAR1)
2650 REM
2660 REM
2670 REM      DETERMINACAO DAS VARIACOES DE MAR1 E TAR1
2680 REM      -----
2690 REM
2700 DET = (DF1MAR1*DF2TAR1)-(DF1TAR1*DF2MAR1)
2710 DETDMAR1=(F1*DF2TAR1)-(DF1TAR1*F2)
2720 DETDTAR1=(DF1MAR1*F2)-(F1*DF2MAR1)
2730 DMAR1=(DETDHAR1/DET)
2740 DTAR1=(DETDTAR1/DET)
2750 REM
2760 REM
2770 REM      NOVOS VALORES DE MAR1 E TAR1
2780 REM      -----
2790 REM
2800 MAR1=MAR1-DMAR1
2810 TAR1=TAR1-DTAR1
2820 PRINT MAR1,TAR1,F1,F2
2830 IF F$(">s") THEN GOTO 2860
2840 IF H$(">c") THEN GOTO 2860
2860 GOTO 2520
2870 REM
2880 REM

```




```

2890 REM      RESULTADOS FINAIS DE MARI E TARI
2900 REM      -----
2910 REM
2920 PRINT MARI,TARI,F1,F2
2930 PRINT"-----"
2940 IF F$(">")$ THEN GOTO 2990
2950 IF H$(">")$ THEN GOTO 2990
2990 OPEN "o",#6,"VARI.DAT"
3000 PRINT #6,KR12;CFAR;CLVAG;G;ROAR
3010 PRINT #6,RG;RV;HT1;HT2
3020 PRINT #6,CS;LS;AS;TAR2
3030 PRINT #6,Q;TEX;FCS;WS;FIEX
3040 PRINT #6,TS;MARI;TARI;CUR;NF
3050 CLOSE #6
3070 PRINT"resultados convergidos de : "
3080 PRINT
3090 PRINT"TARI= ";;PRINT USING"##.##";TARI,:PRINT" [C]"
3100 PRINT"MARI= ";;PRINT USING"##.###";MARI,:PRINT" [Kg/s]"
3110 IF F$(">")$ THEN GOTO 3160
3120 LPRINT"resultados convergidos de : "
3130 LPRINT
3140 LPRINT"TARI= ";;LPRINT USING"##.##";TARI,:LPRINT" [C]"
3150 LPRINT"MARI= ";;LPRINT USING"##.###";MARI,:LPRINT" [Kg/s]"
3160 IF R$="r" THEN GOTO 3200
3170 LOCATE 23,5
3180 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
3190 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 3190
3200 CLS
3210 IF F$(">")$ THEN GOTO 3230
3215 IF H$(">")$ THEN GOTO 3240
3220 LPRINT CHR$(12)
3230 LOAD"clean4",R
3240 LPRINT:LPRINT:LOAD "clean4",R

```




```

10 REM
20 REM
30 REM          C L E A N 4
40 REM          A L G O R I T M O   C O M P U T A C I O N A L
50 REM          *****
60 REM SIMULACAO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM
70 REM
80 REM Autor : Engo. Jefferson Almeida Ribeiro
90 REM
100 REM periodo : 1987/1990
110 REM
120 REM
130 CLS:KEY OFF
140 LOCATE 5,20
150 PRINT"SIMULACAO DE SISTEMAS TERMICOS"
160 LOCATE 10,10
170 PRINT "SIMULACAO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM"
180 LOCATE 15,5
190 PRINT"          Q U A R T A   P A R T E          "
200 OPEN "I",#8,"ax.dat"
210 INPUT #8,F$,G$,R$,H$,OPG$,REC
220 CLOSE #8
230 IF R$="r" THEN GOTO 290
240 LOCATE 23,5
250 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
260 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 260
270 REM
280 REM
290 REM          DIMENSIONALIZACAO DE VARIAVEIS
300 REM          -----
310 REM
320 REM
330 DIM TS(10),WS(10),TEX(45),T(132),P(132),HL(25),HV(25),H(132),FIE(45),HEX(45),
    TZ(45),FIZ(45),HZ(45),TX(45),FX(45),HX(45),TY(35),HY(35)
340 REM
350 REM
360 REM
370 REM
380 REM
390 REM          BUSCAR CONSTANTES E VARIAVEIS ARQUIVADAS
400 REM          -----
410 REM
420 REM
430 OPEN"i",#6,"VARI.DAT"
440 INPUT #6,KR12,CPAR,CLVAG,G,ROAR
450 INPUT #6,RG,RV,HT1,HT2
460 INPUT #6,CS,LS,AS,TAR2
470 INPUT #6,Q,TEX,FCS,WS,FIE
480 INPUT #6,TS,MAR1,TAR1,CUR,NP
490 CLOSE #6
500 REM
510 REM
520 REM          -----
530 REM          RESOLUCAO DO CICLO TERMODINAMICO DO FREON 12 (A-B-C-D-A)
540 REM          -----
550 REM
560 CLS:LOCATE 3,5
570 PRINT" RESOLUCAO DO CICLO TERMODINAMICO DO FREON 12 (A-B-C-D-A)":PRINT
580 IF F$ <> "s" THEN GOTO 620

```



```

590 IF H$(<>)"c" THEN GOTO 620
595 LPRINT
600 LPRINT" RESOLUCAO DO CICLO TERMODINAMICO DO FREON 12 (A-B-C-D-A)"
610 LPRINT
620 OPEN"i",#3,"FRESAT.DAT"
630 INPUT #3,N
640 FOR I= 1 TO N
650 INPUT #3,T,P,HL,HV
660 T(I)=T
670 P(I)=P
680 HL(I)=HL
690 HV(I)=HV
700 NEXT I
710 CLOSE #3
720 REM
730 REM
740 REM      TEMPERATURA DO FREON 12 NO PONTO D
750 REM      -----
760 REM (apos valvula de expansao)
770 REM
780 TD= -10
790 TA=TD
800 PRINT"TEMPERATURA DO PONTO D [ C]      TD = ";TD
810 PRINT"TEMPERATURA DO PONTO A [ C]      TA = ";TA
820 IF F$(<>)"s" THEN GOTO 860
830 IF H$(<>)"c" THEN GOTO 860
840 LPRINT"TEMPERATURA DO PONTO D [ C]      TD = ";TD
850 LPRINT"TEMPERATURA DO PONTO A [ C]      TA = ";TA
860 FOR IX=1 TO N
870 IF T(IX)>TA THEN GOTO 910
880 NEXT IX
890 PRINT"nao ha TA no arquivo do FREON saturado"
900 STOP
910 X1=T(IX-1)
920 X2=HV(IX-1)
930 X3=HV(IX)
940 X5=T(IX)
950 X7=X1-X5
960 X6=(X1-TA)*(X2-X3)
970 HVA=X2-(X6/X7)
980 PRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO VAPOR NO PONTO A [J/Kg]      HVA = ";HVA
990 IF F$(<>)"s" THEN GOTO 1020
1000 IF H$(<>)"c" THEN GOTO 1020
1010 LPRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO VAPOR NO PONTO A [J/Kg]      HVA = ";HVA
1020 X8=P(IX-1)
1030 X9=P(IX)
1040 X10=(X1-TA)*(X8-X9)
1050 PA=X8-(X10/X7)
1060 PD=PA
1070 PRINT"PRESSAO NO PONTO A [KPa]      PA = ";PA
1080 PRINT"PRESSAO NO PONTO D [KPa]      PD = ";PD
1090 IF F$(<>)"s" THEN GOTO 1130
1100 IF H$(<>)"c" THEN GOTO 1130
1110 LPRINT"PRESSAO NO PONTO A [KPa]      PA = ";PA
1120 LPRINT"PRESSAO NO PONTO D [KPa]      PD = ";PD
1130 REM
1140 REM

```




```

1150 REM      TEMPERATURA DO FREON NO PONTO C
1160 REM      -----
1170 REM (apos condensador)
1180 REM
1190 REM
1200 TC=40
1210 PRINT"TEMPERATURA DO PONTO C [ C]          TC = ";TC
1220 IF F$(">")"s" THEN GOTO 1260
1230 IF H$(">")"c" THEN GOTO 1250
1240 LPRINT"TEMPERATURA DO PONTO C [ C]          TC = ";TC
1250 IF TC<=TEX THEN LPRINT"TC < ou = TEX":LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT:STOP
1260 FOR J%= 1 TO N
1270 IF TC<=TEX THEN PRINT"TC < ou = TEX":GOTO 3810
1280 IF T(J%)>TC THEN GOTO 1320
1290 NEXT J%
1300 PRINT "nao ha TC no arquivo do FREON saturado"
1310 STOP
1320 X1=T(J%-1)
1330 X2=T(J%)
1340 X3=HL(J%)
1350 X4=HL(J%-1)
1360 X5=X1-X2
1370 X6=X4-X3
1380 X7=(X1-TC)*X6
1390 HLC=X4-(X7/X5)
1400 PRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO LIQUIDO NO PONTO C [J/KG]  HLC = ";HLC
1410 IF F$(">")"s" THEN GOTO 1440
1420 IF H$(">")"c" THEN GOTO 1440
1430 LPRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO LIQUIDO NO PONTO C [J/KG]  HLC = ";HLC
1440 X8=P(J%-1)
1450 X9=P(J%)
1460 X10=X8-X9
1470 X11=(X1-TC)*X10
1480 PC=X8-(X11/X5)
1490 PRINT"PRESSAO NO PONTO C [KPa]          PC = ";PC
1500 IF F$(">")"s" THEN GOTO 1530
1510 IF H$(">")"c" THEN GOTO 1530
1520 LPRINT"PRESSAO NO PONTO C [KPa]          PC = ";PC
1530 HD=HLC
1540 PRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO LIQUIDO NO PONTO D [J/KG]  HD = ";HD
1550 IF F$(">")"s" THEN GOTO 1580
1560 IF H$(">")"c" THEN GOTO 1580
1570 LPRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO LIQUIDO NO PONTO D [J/KG]  HD = ";HD
1580 HA=HVA
1590 REM
1600 REM
1610 REM      CALCULO DA VAZAO MASSICA DE FREON 12 [Kg/s]
1620 REM      -----
1630 REM
1640 REM
1650 OPEN"i",#5,"EXT.DAT"
1660 INPUT #5,N
1670 Z=0
1680 WHILE NOT EOF(5)
1690   INPUT #5,T,FI,H
1700   Z=Z+1
1710   TZ(Z)=T
1720   FIZ(Z)=FI

```




```

1730 HZ(Z)=H
1740 IF TZ(Z)>TEX AND FIZ(Z) > FIEX THEN GOTO 1790
1750 WEND
1760 PRINT"nao ha TEX e FIEX no arquivo EXT.DAT"
1770 CLOSE #5
1780 STOP
1790 H4=HZ(Z)
1800 FI2=FIZ(Z)
1810 T2=TZ(Z)
1820 H3=HZ(Z-1)
1830 FI1=FI2-10
1840 T1=T2-5
1850 CLOSE #5
1860 X=0
1870 OPEN"I",#5,"EXT.DAT"
1880 INPUT #5,N
1890 WHILE NOT EOF(5)
1900 INPUT #5,T,FI,H
1910 X=X+1
1920 TX(X)=T
1930 FX(X)=FI
1940 HX(X)=H
1950 IF TX(X)=T1 AND FX(X)=FI2 THEN GOTO 1990
1960 WEND
1970 CLOSE #5
1980 STOP
1990 H2=HX(X)
2000 H1=HX(X-1)
2010 CLOSE #5
2020 HEX2=H4+(((H3-H4)*(FIEX-FI2))/(FI1-FI2))
2030 HEX1=H2+(((H1-H2)*(FIEX-FI2))/(FI1-FI2))
2040 HEX=HEX2+(((TEX-T2)*(HEX1-HEX2))/(T1-T2))
2050 PRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO AR EXTERNO [J/KG]      HEX = ";HEX
2060 IF F$( )="s" THEN GOTO 2090
2070 IF H$( )="c" THEN GOTO 2090
2080 LPRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO AR EXTERNO [J/KG]      HEX = ";HEX
2090 Y=0
2100 OPEN"I",#1,"FI90.DAT"
2110 INPUT #1,N
2120 WHILE NOT EOF(1)
2130 INPUT #1,T,W,H
2140 Y=Y+1
2150 TY(Y)=T
2160 HY(Y)=H
2170 IF TY(Y) > TAR1 THEN GOTO 2220
2180 WEND
2190 PRINT"nao ha TAR1 no arquivo FI90.DAT"
2200 CLOSE #1
2210 STOP
2220 T1=TY(Y-1)
2230 T2=TY(Y)
2240 HY1=HY(Y-1)
2250 HY2=HY(Y)
2260 HAR1=HY2+(((HY1-HY2)*(TAR1-T2))/(T1-T2))
2270 PRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO AR1 [J/KG]      HAR1 = ";HAR1
2280 IF F$( )="s" THEN GOTO 2310
2290 IF H$( )="c" THEN GOTO 2310
2300 LPRINT"ENTALPIA ESPECIFICA DO AR1 [J/KG]      HAR1 = ";HAR1
2310 MR12=HAR1*(HEX-HAR1)/(HA-HD)
2320 CLOSE #1

```



```

2330 PRINT"VAZAO MASSICA DE FREON 12 [Kg/s]
NG"HH.HHH";MR12
2340 IF F$ (<) "s" THEN GOTO 2390
2350 IF H$(<)"c" THEN GOTO 2390
2360 LPRINT"VAZAO MASSICA DE FREON 12 [Kg/s]
SING"HH.HHH";MR12
2370 REM
2380 REM
2390 REM PROCESSO ISENTROPICO (A-B) : n = KR12 = 1.16 PARA O FREON 12
2400 REM NA FAIXA DE TEMPERATURA DE TRABALHO
2410 REM -----
2420 REM
2430 PB=PC
2440 PRINT"PRESSAO NO PONTO B [KPa]
PB = ";PB
2450 IF F$ (<) "s" THEN GOTO 2480
2460 IF H$(<)"c" THEN GOTO 2480
2470 LPRINT"PRESSAO NO PONTO B [KPa]
PB = ";PB
2480 X1=TA+273
2490 X2=PB/PA
2500 X3=KR12-1
2510 X4=X3/KR12
2520 X5=X2^X4
2530 X6=X1*X5
2540 TB=X6-273
2550 PRINT"TEMPERATURA DO PONTO B [ C]
TB = ";PRINT USI
NG"HHH.H";TB
2560 IF F$ (<) "s" THEN GOTO 2610
2570 IF H$(<)"c" THEN GOTO 2610
2580 LPRINT"TEMPERATURA DO PONTO B [ C]
TB = ";LPRINT U
SING"HHH.H";TB
2590 IF TB>60 THEN LPRINT"TB > 60 C ":LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
2600 IF TB<TAR2 THEN LPRINT"TB < TAR2 ":LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
2610 PR=0
2620 IF TB>60 THEN PRINT"TB > 60 C ":GOTO 3810
2630 IF TB<TAR2 THEN PRINT"TB < TAR2 ":LOAD"clean3",R
2640 I=0
2650 OPEN "I",#4,"FRESUP.DAT"
2660 INPUT #4,N
2670 FOR KX= 1 TO N
2680 INPUT #4,P,T,H
2690 IF P=PR THEN GOTO 2740
2700 I=I+1
2710 PR=P
2720 J=1
2730 P(I)=P
2740 IF P>PB AND T>TB THEN GOTO 2780
2750 J=J+1
2760 NEXT KX
2770 STOP
2780 HY1=H
2790 TY1=T
2800 FY=P(I)
2810 FW=P(I-1)
2820 INPUT #4,P,T,H
2830 HY2=H
2840 TY2=T
2850 CLOSE #4

```




```

2860 OPEN "I",#4,"FRESUP.DAT"
2870 INPUT #4,N
2880 FOR LX= 1 TO N
2890 INPUT #4,P,T,H
2900 IF F=FW AND T=TY1 THEN GOTO 2930
2910 NEXT LX
2920 STOP
2930 HW1 =H
2940 INPUT #4,P,T,H
2950 HW2=H
2960 CLOSE #4
2970 HW=HW2-((HW2-HW1)*(TY2-TB)/(TY2-TY1))
2980 HY=HY2-((HY2-HY1)*(TY2-TB)/(TY2-TY1))
2990 HB=HY-((HY-HW)*(PY-PB)/(PY-PW))
3000 PRINT"ENTALPIA ESPECIFICA NO PONTO B [J/Kg]          HB = ";HB
3010 PRINT:PRINT:PRINT
3020 IF F$ <> "s" THEN GOTO 3060
3030 IF H$ <> "c" THEN GOTO 3060
3040 LPRINT"ENTALPIA ESPECIFICA NO PONTO B [J/Kg]          HB = ";HB
3050 LPRINT:LPRINT:LPRINT
3060 IF R$="r" THEN GOTO 3120
3070 LOCATE 23,5
3080 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
3090 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 3090
3100 REM
3110 REM -----
3120 REM      CALCULO DA POTENCIA DO COMPRESSOR
3130 REM -----
3140 REM
3150 CLS
3160 LOCATE 3,5
3170 PRINT"                CALCULOS                ":PRINT
3180 IF F$ <> "s" THEN GOTO 3210
3190 LPRINT"                CALCULOS                "
3200 LPRINT
3210 PCOMP=(HB-HA)*MR12/RG
3220 PRINT"POTENCIA DO COMPRESSOR [watts]          PCOMP = ";:PRINT U
SING"#####.H";PCOMP
3230 IF F$ <> "s" THEN GOTO 3280
3240 LPRINT"POTENCIA DO COMPRESSOR [watts]          PCOMP = ";:LPRINT
USING"#####.H";PCOMP
3250 REM
3260 REM -----
3270 REM -----
3280 REM      CALCULO DA POTENCIA DOS VENTILADORES
3290 REM -----
3300 REM -----
3310 REM      CALCULO DA POTENCIA DO VENTILADOR 1
3320 REM -----
3330 REM
3340 PVENT1=6*MR1*HT1/RV
3350 PRINT"POTENCIA DO VENTILADOR DO CIRCUITO DO ARI [watts] PVENT1= ";:PRINT U
SING"###.##";PVENT1
3360 IF F$ <> "s" THEN GOTO 3400
3370 LPRINT"POTENCIA DO VENTILADOR DO CIRCUITO DO ARI [watts] PVENT1= ";:LPRINT
USING"###.##";PVENT1
3380 REM
3390 REM

```




```

3400 REM      CALCULO DA VAZAO MASSICA DO AR2 PARA RESFRIAMENTO DO FREON 12
3410 REM      -----
3420 REM
3430 MAR2=MR12*(HB-HLC)/(CPAR*(TAR2-TEX))
3440 PRINT"VAZAO MASSICA DO AR2 [Kg/s]          MAR2 = ";;PRINT U
3450 SING"###.###";MAR2
3450 IF F$(") "s" THEN GOTO 3490
3460 LPRINT"VAZAO MASSICA DO AR2 [Kg/s]          MAR2 = ";;LPRINT
3470 USING"###.###";MAR2
3470 REM
3480 REM
3490 REM      CALCULO DA POTENCIA DO VENTILADOR 2
3500 REM      -----
3510 REM
3520 PVENT2=G*MAR2*HT2/RV
3530 PRINT"POTENCIA DO VENTILADOR DO CIRCUITO DO AR2 [watts] PVENT2= ";;PRINT U
3540 SING"####.##";PVENT2
3540 OPEN"o",#16,"pot.dat"
3550 PRINT #16,PCOMP;PVENT1;PVENT2
3560 CLOSE #16
3570 IF F$(") "s" THEN GOTO 3610
3580 LPRINT"POTENCIA DO VENTILADOR DO CIRCUITO DO AR2 [watts] PVENT2= ";;LPRINT
3590 USING"####.##";PVENT2
3590 REM
3600 REM
3610 REM      CALCULO DO NUMERO DE TROCAS DE AR DA SALA POR HORA
3620 REM      -----
3630 REM
3640 NT=MAR1*3600/(CS*LS*AS*ROAR)
3650 PRINT"NUMERO DE TROCAS DE AR DA SALA [trocas/hora] NT = ";;PRINT U
3660 SING"###.##";NT
3660 IF F$(") "s" THEN GOTO 3690
3670 IF H$(") "c" THEN GOTO 3690
3680 LPRINT"NUMERO DE TROCAS DE AR DA SALA [trocas/hora] NT = ";;LPRINT
3690 USING"###.##";NT
3690 OPEN"i",#12,"QAREX.DAT"
3700 INPUT #12,N
3710 INPUT #12,CR,QAE
3720 IF REC<>CR THEN GOTO 3710
3730 NUN=((QAE*NP)/(MAR1)+1)
3740 NU=FIX(NUN)
3750 CLOSE #12
3760 PRINT"UNIDADES NECESSARIAS DO SISTEMA (p/higienizacao) NU = ";;PRINT U
3770 SING"###.##";NU
3770 IF F$(") "s" THEN GOTO 3800
3780 IF H$(") "c" THEN GOTO 3800
3790 LPRINT"UNIDADES NECESSARIAS DO SISTEMA (p/higienizacao) NU = ";;LPRINT
3800 USING"###.##";NU
3800 IF R$="r" THEN GOTO 3840
3810 LOCATE 23,5
3820 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
3830 C$=INKEY$;IF C$="" THEN GOTO 3830
3840 IF F$(") "s" THEN GOTO 3860
3850 LPRINT CHR$(12)
3860 LOAD"clean5",R

```



```

10 REM
20 REM
30 REM          C L E A N 5
40 REM          ALGORITMO COMPUTACIONAL
50 REM          *****
60 REM SIMULACAO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM
70 REM
80 REM Autor : Engo. Jefferson Almeida Ribeiro
90 REM
100 REM periodo : 1987/1990
110 REM
120 REM
130 CLS:KEY OFF
140 LOCATE 5,20
150 PRINT"SIMULACAO DE SISTEMAS TERMICOS"
160 LOCATE 10,10
170 PRINT "SIMULACAO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM"
180 LOCATE 15,5
190 PRINT"          Q U I N T A   P A R T E          "
200 OPEN "I",#8,"ax.dat"
210 INPUT #8,F$,G$,R$,H$,DFG$,REC
220 CLOSE #8
230 IF R$="r" THEN GOTO 300
240 LOCATE 23,5
250 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
260 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 260
270 REM
280 REM
290 REM
300 REM          BUSCAR CONSTANTES E VARIAVEIS ARQUIVADAS
310 REM          -----
320 REM
330 REM
340 OPEN"i",#6,"VARI.DAT"
350 INPUT #6,KR12,CPAR,CLVAG,G,ROAR
360 INPUT #6,RG,RV,HT1,HT2
370 INPUT #6,CS,LS,AS,TAR2
380 INPUT #6,Q,TEX,FCS,WS,FIEX
390 INPUT #6,TS,MAR1,TAR1,CUR,NP
400 CLOSE #6
410 OPEN"i",#16,"pot.dat"
420 INPUT #16,PCOMP,PVENT1,PVENT2
430 CLOSE #16
440 REM
450 REM
460 REM          -----
470 REM          MONTAGEM DE ARQUIVOS DE DADOS PARA GRAFICOS/TABELA
480 REM          -----
490 REM
500 CLS:LOCATE 2,5:PRINT"MONTAGEM DE ARQUIVOS DE DADOS PARA : "
510 PRINT:PRINT
520 IF G$("<s") THEN GOTO 620
530 PRINT"montagem dos graficos : "
540 PRINT"PCOMP x TEX ...arquivos :grafi.dat,graf1a.dat,graf1b.dat,graf1c.dat,g
raf1d.dat"
550 PRINT"PVENT1 x TEX ...arquivos :graf2.dat,graf2a.dat,graf2b.dat,graf2c.dat,g
raf2d.dat"

```




```

560 PRINT "PVENT2 x TEX ...arquivos :graf3.dat,graf3a.dat,graf3b.dat,graf3c.dat,g
raf3d.dat"
570 LOCATE 10,5
580 IF OPG$="1" THEN PRINT "familia de curvas de F.C.S."
590 IF OPG$="2" THEN PRINT "familia de curvas de FIEX"
600 IF OPG$="3" THEN PRINT "familia de curvas de Q"
610 GOTO 660
620 LOCATE 5,5 :PRINT "MONTAGEM DE TABELA DE RESULTADOS SIMULADOS"
630 OPEN "a",#13,"tab.dat"
640 PRINT #13,NF;Q;FCS;TEX;FIEX;PCOMP;TS;TAR1;MAR1;PVENT1;PVENT2
650 CLOSE #13
660 IF G$(">") THEN GOTO 1070
670 IF CUR(<)>1 THEN GOTO 750
680 OPEN "a",#9,"graf1.dat"
690 OPEN "a",#10,"graf2.dat"
700 OPEN "a",#11,"graf3.dat"
710 PRINT #9,TEX;PCOMP
720 PRINT #10,TEX;PVENT1
730 PRINT #11,TEX;PVENT2
740 CLOSE #9:CLOSE #10:CLOSE #11
750 IF CUR(<)>2 THEN GOTO 830
760 OPEN "a",#17,"grafia.dat"
770 OPEN "a",#18,"graf2a.dat"
780 OPEN "a",#19,"graf3a.dat"
790 PRINT #17,TEX;PCOMP
800 PRINT #18,TEX;PVENT1
810 PRINT #19,TEX;PVENT2
820 CLOSE #17:CLOSE #18:CLOSE #19
830 IF CUR(<)>3 THEN GOTO 910
840 OPEN "a",#20,"graf1b.dat"
850 OPEN "a",#21,"graf2b.dat"
860 OPEN "a",#22,"graf3b.dat"
870 PRINT #20,TEX;PCOMP
880 PRINT #21,TEX;PVENT1
890 PRINT #22,TEX;PVENT2
900 CLOSE #20:CLOSE #21:CLOSE #22
910 IF CUR(<)>4 THEN GOTO 990
920 OPEN "a",#23,"graf1c.dat"
930 OPEN "a",#24,"graf2c.dat"
940 OPEN "a",#25,"graf3c.dat"
950 PRINT #23,TEX;PCOMP
960 PRINT #24,TEX;PVENT1
970 PRINT #25,TEX;PVENT2
980 CLOSE #23:CLOSE #24:CLOSE #25
990 IF CUR(<)>5 THEN GOTO 1070
1000 OPEN "a",#26,"graf1d.dat"
1010 OPEN "a",#27,"graf2d.dat"
1020 OPEN "a",#28,"graf3d.dat"
1030 PRINT #26,TEX;PCOMP
1040 PRINT #27,TEX;PVENT1
1050 PRINT #28,TEX;PVENT2
1060 CLOSE #26:CLOSE #27:CLOSE #28
1070 IF R$="r" THEN GOTO 1110
1080 LOCATE 23,5
1090 PRINT "pressione a tecla ENTER para continuar"
1100 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 1100
1110 LOAD "clean3",R

```




```

10 REM
20 REM
30 REM          C L E A N 6
40 REM          ALGORITMO COMPUTACIONAL
50 REM          *****
60 REM SIMULACAO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM
70 REM
80 REM Autor : Engo. Jefferson Almeida Ribeiro
90 REM
100 REM periodo : 1987/1990
110 REM
120 REM
130 CLS:KEY OFF
140 LOCATE 5,20
150 PRINT"SIMULACAO DE SISTEMAS TERMICOS"
160 LOCATE 10,10
170 PRINT "SIMULACAO DE SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR - CLEAN ROOM"
180 LOCATE 15,5
190 PRINT"          S E X T A   P A R T E          "
200 OPEN "I",#8,"ax.dat"
210 INPUT #8,F$,G$,R$,H$,OPG$,REC
220 CLOSE #8
230 IF R$="r" THEN GOTO 300
240 LOCATE 23,5
250 PRINT"pressione a tecla ENTER para continuar"
260 C$=INKEY$:IF C$="" THEN GOTO 260
270 REM
280 REM
290 REM
300 REM          BUSCAR CONSTANTES E VARIAVEIS ARQUIVADAS
310 REM          -----
320 REM
330 REM
340 OPEN"i",#6,"VARI.DAT"
350 INPUT #6,KR12,CPAR,CLVAG,G,ROAR
360 INPUT #6,RG,RV,HT1,HT2
370 INPUT #6,CS,LS,AS,TAR2
380 INPUT #6,Q,TEX,FCS,WS,FIEX
390 INPUT #6,TS,MAR1,TAR1,CUR,NP
400 CLOSE #6
410 OPEN"i",#16,"pot.dat"
420 INPUT #16,PCOMP,PVENT1,PVENT2
430 CLOSE #16
440 REM
450 REM
460 REM          -----
470 REM          MONTAGEM DE TABELA
480 REM          -----
490 CLS:INPUT"resultados finais pela impressora ? (s/n)";F$
500 IF F$("<")"s" THEN GOTO 1670
510 CLS:LOCATE 12,5
520 PRINT"MONTAGEM DE TABELA DE RESULTADOS SIMULADOS"
530 LPRINT"          TABELA DE RESULTADOS SIMULADOS"
540 LPRINT
550 LPRINT"Recinto tipo : ";REC
570 LPRINT
580 IF G$("<")"s" THEN GOTO 1510

```



```

585 LPRINT"numero de pessoas no recinto : ";NF
590 LPRINT"RG :rendimento termico global          RG = ";RG
600 LPRINT"RV :rendimento dos ventiladores        RV = ";RV
610 LPRINT"HT1:perda de carga no circ. insuflam. [m.c.ar] HT1= ";HT1
620 LPRINT"HT2:perda de carga no circ. refr. freon [m.c.ar] HT2= ";HT2
630 LPRINT"CS :comprimento da sala (recinto) [m]    CS = ";CS
640 LPRINT"LS :largura da sala [m]                LS = ";LS
650 LPRINT"AS :altura da sala [m]                 AS = ";AS
660 LPRINT"-----
--"

670 IF OPG$(">")"1" THEN GOTO 700
680 LPRINT"! F.C.S.      |   TEX      |   PCOMP      |   PVENT1      |   PVENT2
! "
690 LPRINT"!             |   [ C ]      |   [watts]      |   [watts]      |   [watts]
! "
700 IF OPG$(">")"2" THEN GOTO 730
710 LPRINT"! FIEX      |   TEX      |   PCOMP      |   PVENT1      |   PVENT2
! "
720 LPRINT"! [%]      |   [ C ]      |   [watts]      |   [watts]      |   [watts]
! "
730 IF OPG$(">")"3" THEN GOTO 760
740 LPRINT"! Q      |   TEX      |   PCOMP      |   PVENT1      |   PVENT2
! "
750 LPRINT"! [watts] |   [ C ]      |   [watts]      |   [watts]      |   [watts]
! "
760 LPRINT"-----
--"

770 OPEN"I",#14,"dc.dat"
780 OPEN"i",#9,"graf1.dat"
790 OPEN"i",#10,"graf2.dat"
800 OPEN"i",#11,"graf3.dat"
810 WHILE NOT EOF(9)
820 INPUT #9,TEX,PCOMP
830 INPUT #10,TEX,PVENT1
840 INPUT #11,TEX,PVENT2
850 INPUT #14,VAR
860 LPRINT USING"#####.##";VAR;:LPRINT USING"#####.##";TEX;:LPRINT USING"#####.##";PCOMP;:LPRINT USING"#####.##";PVENT1;:LPRINT USING"#####.##";PVENT2
870 WEND
880 CLOSE #9:CLOSE #10:CLOSE #11
890 OPEN"i",#17,"grafia.dat"
900 OPEN"i",#18,"graf2a.dat"
910 OPEN"i",#19,"graf3a.dat"
920 WHILE NOT EOF(17)
930 INPUT #17,TEX,PCOMP
940 INPUT #18,TEX,PVENT1
950 INPUT #19,TEX,PVENT2
960 INPUT #14,VAR
970 LPRINT USING"#####.##";VAR;:LPRINT USING"#####.##";TEX;:LPRINT USING"#####.##";PCOMP;:LPRINT USING"#####.##";PVENT1;:LPRINT USING"#####.##";PVENT2
980 WEND
990 CLOSE #17:CLOSE #18:CLOSE #19
1000 OPEN"i",#20,"graf1b.dat"
1010 OPEN"i",#21,"graf2b.dat"
1020 OPEN"i",#22,"graf3b.dat"
1030 WHILE NOT EOF(20)
1040 INPUT #20,TEX,PCOMP
1050 INPUT #21,TEX,PVENT1

```




```

1060 INPUT #22,TEX,PVENT2
1070 INPUT #14,VAR
1080 LPRINT USING"#####.##";VAR;;LPRINT USING"#####.##";TEX;;LPRINT USING"
#####.##";PCOMP;;LPRINT USING"#####.##";PVENT1;;LPRINT USING"#####
#####.##";PVENT2
1090 WEND
1100 CLOSE #20;CLOSE #21;CLOSE #22
1110 OPEN"i",#23,"graf1c.dat"
1120 OPEN"i",#24,"graf2c.dat"
1130 OPEN"i",#25,"graf3c.dat"
1140 WHILE NOT EOF(23)
1150 INPUT #23,TEX,PCOMP
1160 INPUT #24,TEX,PVENT1
1170 INPUT #25,TEX,PVENT2
1180 INPUT #14,VAR
1190 LPRINT USING"#####.##";VAR;;LPRINT USING"#####.##";TEX;;LPRINT USING"
#####.##";PCOMP;;LPRINT USING"#####.##";PVENT1;;LPRINT USING"#####
#####.##";PVENT2
1200 WEND
1210 CLOSE #23;CLOSE #24;CLOSE #25
1220 OPEN"i",#26,"graf1d.dat"
1230 OPEN"i",#27,"graf2d.dat"
1240 OPEN"i",#28,"graf3d.dat"
1250 WHILE NOT EOF(26)
1260 INPUT #26,TEX,PCOMP
1270 INPUT #27,TEX,PVENT1
1280 INPUT #28,TEX,PVENT2
1290 INPUT #14,VAR
1300 LPRINT USING"#####.##";VAR;;LPRINT USING"#####.##";TEX;;LPRINT USING"
#####.##";PCOMP;;LPRINT USING"#####.##";PVENT1;;LPRINT USING"#####
#####.##";PVENT2
1310 WEND
1320 CLOSE #26;CLOSE #27;CLOSE #28
1330 CLOSE #14
1340 LPRINT"-----"
1350 LPRINT
1360 IF OPB$("<")"1" THEN GOTO 1390
1370 LPRINT"Q :carga termica [watts] Q = ";Q
1380 LPRINT"FIEX:umidade relativa do ar externo [%] FIEX= ";FIEX
1390 IF OPB$("<")"2" THEN GOTO 1420
1400 LPRINT"FCS :fator de calor sensivel FCS = ";FCS
1410 LPRINT"Q :carga termica [watts] Q = ";Q
1420 IF OPB$("<")"3" THEN GOTO 1450
1430 LPRINT"FCS :fator de calor sensivel FCS = ";FCS
1440 LPRINT"FIEX:umidade relativa do ar externo [%] FIEX= ";FIEX
1450 GOTO 1670
1460 LPRINT "para montagem dos graficos : "
1470 LPRINT"PCOMP x TEX ...arq.:grafi.dat,graf1a.dat,graf1b.dat,graf1c.dat,grafi
d.dat"
1480 LPRINT"PVENT1 x TEX ...arq.:graf2.dat,graf2a.dat,graf2b.dat,graf2c.dat,graf
2d.dat"
1490 LPRINT"PVENT2 x TEX ...arq.:graf3.dat,graf3a.dat,graf3b.dat,graf3c.dat,graf
3d.dat"
1500 GOTO 1670
1510 OPEN"i",#13,"tab.dat"
1520 WHILE NOT EOF(13)
1530 INPUT #13,NP,Q,FCS,TEX,FIEX,PCOMP,TS,TAR1,HAR1,PVENT1,PVENT2

```




```

1540 LPRINT
1545 LPRINT"numero de pessoas no recinto          NP      = ";NP
1550 LPRINT"carga termica          [watts]          Q      = ";Q
1560 LPRINT"fator de calor sensivel          FCS      = ";FCS
1570 LPRINT"vazao massica do ar insuflado [Kg/s]    HAR1     = ";:LPRINT
        USING"##.##";HAR1
1580 LPRINT"temperatura de b.s. do ar insufl. [ C]  TARI     = ";:LPRINT
        USING"##.H";TARI
1590 LPRINT"temperatura de b.s. do ar externo [ C]  TEX      = ";TEX
1600 LPRINT"umidade relativa do ar externo [%]      FIEX     = ";FIEX
1610 LPRINT"temperatura de b.s. a manter na sala [ C] TS       = ";:LPRINT
        USING"##.H";TS
1620 LPRINT"potencia do compressor [watts]          PCOMP    = ";:LPRINT
        USING"#####.H";PCOMP
1630 LPRINT"pot. do ventil. do circ. do ar insufl. [watts] PVENT1= ";:LPRINT
        USING"####.##";PVENT1
1640 LPRINT"pot. do ventil. do circ. refr. do freon [watts] PVENT2= ";:LPRINT
        USING"####.##";PVENT2
1650 WEND
1660 CLOSE #13
1670 CLS:LOCATE 10,5
1680 INPUT"FIM DA SIMULACAO (s/n) ";FS$
1690 IF FS$="s" THEN END
1700 LOAD"clean2",R

```



Bibliografia

1. HALL, A. N. "The History of the ..."
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...

BIBLIOGRAFIA

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...
10. ...

Bibliografia :

- [1].ELONKA,S.M., MINICH,O.W.; " Manual de Refrigeração e Ar Condicionado ";
ed. Mc Graw-Hill do Brasil ; São Paulo ; 1981.
- [2].STOECKER,W.F., JONES,J.W.; " Refrigeração e Ar Condicionado ";
ed. Mc Graw-Hill do Brasil do Brasil ; São Paulo ; 1985.
- [3].SEVERS,W.H., FELLOWS,J.W.; " Air Conditioning and Refrigeration ";
ed John Wiley and Sons,Inc ; London ; 1966.
- [4].Silva,Eng.R.B.; " Ventilação e Ar Condicionado "; Grêmio Politécnico da USP;
São Paulo ; 1962.
- [5].E.E.Aer.; "Climatologia do Aeródromo "; Escola de Especialistas de Aeronáutica ;
Guaratinguetá-SP ; 1989.
- [6].ABNT ;" Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto -
Parâmetros Básicos de Projeto " ; NBR 6401/80.
- [7].American Conference of Governmental Industrial Higienists;
" Industrial Ventilation "; Edwards Brothers ; Michigan ; 1976.
- [8].STOECKER,W.F.; " Design of Thermal Systems "; ed.Mc Graw-Hill ;
New York ; 1971.
- [9].COZZI,C.; " Thermodynamics and Energy Accountancy in Industrial Processes ";
Energy Sources ; vol.2 ; 1975.



- [10].HRYMAK,A.; Mc RAE,G., WESTERBERG,A; " Combined Analysis and Optimization of Extended Heat Transfer Surfaces "; Journal of Heat Transfer ; vol. 107 ; 1985.
- [11].LUENBERGER,D.G.; " Introduction to Linear and Nonlinear Programming "; Addison-Wesley Publishing Co. ; Massachusetts ; 1973.
- [12].BAZARAA,M.S. , SHETTY,C.M.; " Nonlinear Programming "; ed John Wiley and Sons ; New York ; 1979.
- [13].BOEHM,R.F.; " Design Analysis of Thermal Systems "; John Wiley and Sons ; New York ; 1987.
- [14].WYLEN,G.J.V., SONNTAG,R.E.; " Fundamentos da Termodinâmica Clássica "; ed. Edgard Blucher Ltda ; São Paulo ; 1976.
- [15].JOHNSON,R.; " Numerical Methods - A Software Approach "; John Wiley ; New York ; 1982.
- [16].CARRIER,A.C.; " Handbook of Air Conditioning System Design "; ed. Mc Graw-Hill Book Co. ; U.S.A. ; 1965.
- [17].GOTTFRIED,B.S.; " Programação com BASIC "; ed Schaum Mc Graw-Hill ; 1984.



Índice	pag. 01
Síntese	pag. 02
Resumo	pag. 03
Síntese	pag. 04
Lista de Figuras	pag. 05
Lista de Tabelas e Gráficos	pag. 06
Capítulo I : Introdução	pag. 07
1.1. Justificativa	pag. 08
1.2. Objetivos Gerais e Específicos	pag. 09
1.3. Metodologia de Trabalho	pag. 10
Capítulo II : Metodologia de Trabalho	pag. 11
II.1. Descrição da Metodologia de Trabalho	pag. 12
II.2. Descrição da Metodologia	pag. 13
II.3. Descrição da Metodologia	pag. 14
II.4. Descrição da Metodologia	pag. 15
II.5. Descrição da Metodologia	pag. 16
Capítulo III : Resultados de Trabalho e Conclusões	pag. 17
III.1. Os Resultados	pag. 18
III.2. Os Resultados	pag. 19
III.3. Os Resultados	pag. 20
III.4. Os Resultados	pag. 21
III.5. Os Resultados	pag. 22
III.6. Os Resultados	pag. 23
III.7. Os Resultados	pag. 24
III.8. Os Resultados	pag. 25
Capítulo IV : Conclusões e Recomendações	pag. 26
IV.1. Os Resultados	pag. 27
IV.2. Os Resultados	pag. 28
IV.3. Os Resultados	pag. 29
IV.4. Os Resultados	pag. 30

ÍNDICE

índice

Sumário	pag.IV
Sinopse	pag.VI
Abstract	pag.VII
Simbologia	pag.VIII
Lista de Figuras	pag.X
Lista de Tabelas e Quadros	pag.XII
Capítulo I : Introdução	pag.1
I.1. Generalidades	pag.1
I.2. Condicionamento de Ar	pag.4
I.3. Condições Ambientais e de Conforto	pag.11
Capítulo II : Simulação de Sistemas	pag.14
II.1. Objetivos da Simulação de Sistemas	pag.14
II.2. Modelagem de Sistemas	pag.15
II.3. Métodos de Resolução	pag.17
II.4. Simulação Computacional	pag.23
II.5. Otimização	pag.23
Capítulo III : Simulação do SISTEMA tipo CLEAN ROOM	pag.25
III.1. Os Objetivos	pag.25
III.2. A Modelagem Proposta	pag.26
III.3. O Método Gráfico	pag.27
III.4. As Equações Governantes	pag.29
III.5. O Diagrama de Fluxo de Informações	pag.33
III.6. O Método de Resolução Adotado	pag.35
Capítulo IV : Desenvolvimento Computacional	pag.39
IV.1. Os Objetivos	pag.39
IV.2. Os Passos Computacionais	pag.40
IV.3. As Considerações Práticas e Teóricas	pag.41
IV.4. O Algoritmo Computacional	pag.44



IV.5. Os Resultados Teóricos	pag.45
Capítulo V : Simulação Experimental	pag.58
V.1. O Sistema Real Simulado	pag.58
V.2. Características da Bancada de Testes	pag.59
V.3. Os Resultados Experimentais	pag.60
Capítulo VI : Comparação dos Resultados e Conclusões	pag.62
VI.1. A Comparação dos Resultados	pag.62
VI.2. Conclusões	pag.64
Apêndice A : Ar Externo Necessário para Insuflamento	pag.65
Apêndice B : Relatório de Temperaturas em Guaratinguetá	pag.66
Apêndice C : Relatório de Umidades do Ar em Guaratinguetá	pag.69
Apêndice D : Condições Internas de Conforto no Verão	pag.72
Apêndice E : Condições Internas de Conforto no Inverno	pag.73
Apêndice F : Condições Internas para Fins Industriais	pag.74
Apêndice G : Arquivos do Banco de Dados	pag.75
Apêndice H : Algoritmos Computacionais para Simulação	pag.82
Bibliografia	pag.117
índice	pag.119



