

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPTO. DE ENGENHARIA CIVIL  
Núcleo de Pesquisa em Construção (NPC) / ☎ (048) 331-9272  
<http://www.npc.ufsc.br>  
Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) / ☎ (048) 331-9598 R26  
<http://www.labeee.ufsc.br>

# INTRODUÇÃO AO VISUALDOE-2

## VERSÃO 2.61

*Autores*

*Aldomar Pedrini, M.Sc.  
Roberto Lamberts, Ph.D.*

*Florianópolis, dezembro de 1998.*

# 1. APRESENTAÇÃO

Este manual apresenta as informações indispensáveis para o usuário iniciante que deseja modelar uma edificação. Seus tópicos abrangem as principais variáveis e as adaptações de bibliotecas ao Brasil como materiais construtivos, clima e tarifa. Em suma, é um guia para realizar as primeiras simulações de edifícios nacionais.

Este material foi desenvolvido no LabEEE/ECV/UFSC pelos usuários do programa, baseado em cursos e consultas de outros usuários. Em hipótese alguma pretende substituir o manual original do programa (e o "help" do programa), mas sim organizar as informações que julgamos essenciais e apresentá-las ordenadamente para facilitar o uso do programa.

# ÍNDICE

<b>1. APRESENTAÇÃO</b>	<b>2</b>
<b>2. O PROGRAMA VISUALDOE</b>	<b>6</b>
<b>3. INICIALIZAÇÃO</b>	<b>7</b>
3.1. Módulos Principais	7
3.2. Escolha do sistema de unidade	8
<b>4. EDITOR GRÁFICO</b> 	<b>9</b>
Escolha da biblioteca do programa	9
4.1. Project Folder	9
4.2. Blocks Folder	11
4.2.1. Modelamento da Geometria através de Padrões do VisualDOE	11
4.3. Folder ZONE	13
4.4. Folder FACADES	15
4.5. Folder SYSTEMS	18
4.5.1. Caracterização dos Elementos do HVAC SYSTEMS EDITOR	19
4.5.2. Caracterização do Water Heating System Editor	21
4.5.3. Caracterização do Central Plant Editor	22
4.6. Folder ZONE AIR	24
<b>5. EDITOR CLIMÁTICO</b> 	<b>26</b>
<b>6. EDITOR DE TARIFAS</b> 	<b>27</b>
6.1. EnerCalc	28
<b>7. EDITOR DE MATERIAIS CONSTRUTIVOS</b> 	<b>31</b>

7.1. Materiais do VisualDOE	32
-----------------------------	----

<b>8. EDITOR DE SCHEDULES</b>		<b>33</b>
-------------------------------	---	-----------

8.1. Folder Holidays	33
8.2. Folder Day Schedules	33
8.3. Folder Schedules	34
8.4. Folder Occupancies	35

<b>9. EDITOR DE ABERTURAS</b>		<b>36</b>
-------------------------------	---	-----------

<b>10. EDITOR DE RELATÓRIOS HORÁRIOS</b>		<b>37</b>
--	---	-----------

<b>11. EDITOR DE EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO</b>		<b>39</b>
--	---	-----------

<b>12. HISTÓRICO DE CONSUMO (BILLING RATE)</b>	<b>41</b>
--	-----------

<b>13. MODELAMENTO DA GEOMETRIA ATRAVÉS DE CAD</b>	<b>42</b>
--	-----------

13.1. CAD do VisualDOE	43
13.2. Emprego do AUTOCAD	43

<b>14. VISUALDOE: RECOMENDAÇÕES PARA INSTALAÇÃO</b>	<b>45</b>
---	-----------

14.1. Instalação Oficial	45
14.2. Updates	45
14.3. Reconhecimento de arquivo climático	45
14.4. Instalação da biblioteca nacional	45
14.5. ENDEREÇOS ÚTEIS	45

<b>15. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR</b>	<b>46</b>
---	-----------

<b>16. EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR</b>	<b>47</b>
--	-----------

<b><u>17. MODELAMENTO DE CONDICIONADORES DE AR</u></b>	<b>48</b>
17.1. Condicionado de ar de janela (Room Air Conditioners)	48
17.1.1. Modelamento	48
17.2. Split Systems	49
17.2.1. Modelamento	49
17.3. Condicionadores do tipo self contained e central compacto	50
17.3.1. Modelamento,	51
17.4. Centrais de Água Gelada	52
<b><u>18. REFERÊNCIAS</u></b>	<b>55</b>

## 2.0 PROGRAMA VISUALDOE

O programa VisualDOE-2 é software específico para a análise térmica e energética de edificações. Seus resultados abrangem desde dados de desempenho horários como temperaturas internas dos ambientes, fluxos de calor segundo origens (paredes, aberturas, pisos etc) e natureza (radiação, condução ou convecção) a dados de consumo de energia por uso final horários, mensais e anuais, e respectivos custos de energia. O programa dispõe de inúmeros defaults (valores pré-assumidos) que permitem simular um caso simples em poucos minutos, entretanto modelos mais criteriosos demandam de dados como:

- **geometria da edificação:** caracteriza-se a planta baixa através de padrões do programa, através do CAD do programa, ou através do AUTOCAD com importação de arquivos “dxf”;
- **aberturas:** são definidas as dimensões, posição e características do vidro;
- **propriedades termo-físicas dos materiais:** associa a cada bloco as características termo-físicas do material, fazendo uso da biblioteca de materiais do programa, da biblioteca nacional criada no LabEEE, permitindo adicionar novos materiais;
- **formas de uso:** são caracterizadas usos horários de iluminação, equipamentos, infiltração de ar externo, ventiladores, set-points de resfriamento e aquecimento, porém de forma otimizada;
- **sistemas de climatização artificial:** são identificados os sistemas primários e secundários de ar condicionado, suas respectivas capacidades de resfriamentos total e sensível, capacidades de aquecimento, eficiências nominais e curvas de eficiência, vazões de ar, formas de acionamento, termoacumulação, etc;
- **reprodução do contrato de energia:** permite modelar o contrato de energia elétrica e as taxas de consumo e de demandas para períodos diferenciados;
- **ano climático real ou estatístico:** caracteriza o ar exterior da edificação através de dados horários de temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, pressão atmosférica, entalpia, densidade, umidade, direção e velocidade do vento, radiação direta normal e no plano horizontal, índices de nebulosidade do ar, tipo de nuvem, ocorrência de chuva e de neve.

O programa VisualDOE-2 é antes de tudo uma interface gráfica que gera um arquivo de entrada para o programa PC DOE-2.1E-W83 (Figura 1), derivado do consagrado programa DOE-2.1E (desenvolvido em plataforma UNIX).

```

EXEMPLO - DOESIM
Auto
C:\VISDOE2\>echo off
DOE-2.1E is running for input file: EXEMPLO and weather file: FLUPTHY
-----
This JHirsch PC DOE-2.1E-W83 was released in July 1995.
Copyright (c) James J. Hirsch (805) 532-1045, 1995. All Rights Reserved.
Start BOEBDL : Storage capacity = 200000
Starting LDL 1
Finished LDL 1 : Memory (wds) = 38845, clock time (secs) = 0.6
Starting SDL 1
Finished SDL 1 : Memory (wds) = 35571, clock time (secs) = 0.4
Starting PUL 1
Finished PUL 1 : Memory (wds) = 17738, clock time (secs) = 0.1
Starting EDL 1
Finished EDL 1 : Memory (wds) = 13886, clock time (secs) = 0.1
End BOEBDL : Total elapsed time of 1.5 seconds

Start DOESIM : Storage capacity = 200000
Starting LOADS : SAVE-FILES is On , weather is Florianopolis-TBY
Finished LOADS LDL 1 : Memory (wds) = 3839, Time (sec) = 10.3
Starting REPORT
Finished REPORT LDL 1 : Memory (wds) = 1034, Time (sec) = 0.2
Starting SYSTEMS : SAVE-FILES is On , weather is Florianopolis-TBY
Wed Feb 22 1995
  
```

Figura 1 – Exemplo da execução de rotinas do programa em ambiente DOS.

### 3.INICIALIZAÇÃO

Após a entrada no programa, o usuário se depara com nove ícones no alto (Figura 2), que são os módulos principais: Graphic Editor, Plant Only Runs, Schedule Maker, Constructions Builder, Fenestrations Editor, Climate Editor, Utility Rates Editor, Equipment Editor e Hourly Reports Editor.



Figura 2 – Editores do VisualDOE.

Aconselha-se ao usuário iniciante que verifique primeiro o editor gráfico (que é o módulo principal). À medida que o editor gráfico necessitar de informações dos demais editores, o seguinte texto o remeterá ao devido editor, que estará na sucessão de abordagem dos editores.

#### 3.1. Módulos Principais



O editor gráfico (*Graphic Editor*) funciona como a estrutura central do VisualDOE 2.6. A partir da definição de um caso base, é possível criar outras 20 alternativas. O editor emprega o conceito de blocos (pavimentos) que podem ser adicionados um sobre o outro ou mesmo do lado (mediante alteração das coordenadas X e Y). O resultado pode ser visto na opção *3D Viewer*.



O módulo “executa somente o plant” (*Plant Only Runs*) permite avaliar alternativas do *PLANT* sem a descrição do edifício, a partir da escolha de um perfil de carga térmica da biblioteca.



O editor de padrões de uso (*Schedule Maker*) reproduz as operações do edifício, compondo a partir de declarações horárias, usos para o ano inteiro, tais como de iluminação, equipamentos, temperaturas, ventiladores, etc. Períodos de uso de termoacumulação também são declarados para caracterizar a sequência de entrada dos resfriadores e banco de gelo. Esse editor também permite criar feriados diferentes do padrão norte-americano.



O editor de materiais construtivos (*Constructions Builder*) possibilita editar e criar elementos construtivos e componentes construtivos (que caracterizam as paredes, coberturas, pisos, repartições e forros) e que são armazenados na biblioteca (arquivo com terminação \*.LIB).



O editor de aberturas (*Fenestrations Editor*) é usado para analisar e estender a biblioteca de aberturas. A criação de novos elementos somente pode ser efetuada através do programa *Window 4.1*.



O editor climático (*Climate Editor*) indica ao programa o arquivo que corresponde um dado arquivo climático (que está no arquivo

../VISDOE2/WEATHER/), possibilitando adicionar ou apagar esses “caminhos”. Ou seja, cada clima está associado a um arquivo climático. A criação do arquivo climático requer dados das 8.760 horas do ano, que são tratados e convertidos para o formato binário, inteligível ao VisualDOE. Essa atribuição requer uma certa capacitação e vem sendo feita pelo LabEEE.



O editor de tarifas (*Utility Rates Editor*) modela as tarifas energéticas em vigor, reproduzindo com relativa fidelidade as usadas no Brasil. As principais estão modeladas na biblioteca nacional.



O editor de equipamentos (*Equipment Editor*) é usado para adicionar novos equipamentos à biblioteca e para mudar os existentes, tais como dados de eficiências nominais e curvas de performance.



O editor de relatórios horários (*Hourly Reports Editor*) permite ao usuário escolher relatórios de energia horários para diferentes variáveis, tais como fluxos de calor, clima externo, performance de ar condicionado, consumo de energia, etc.

### 3.2. Escolha do sistema de unidade

Antes de entrar no editor gráfico, escolha trabalhar em Sistema Internacional de Unidades. Os passos são: *Option/SI Units*.

## 4.EDITOR GRÁFICO

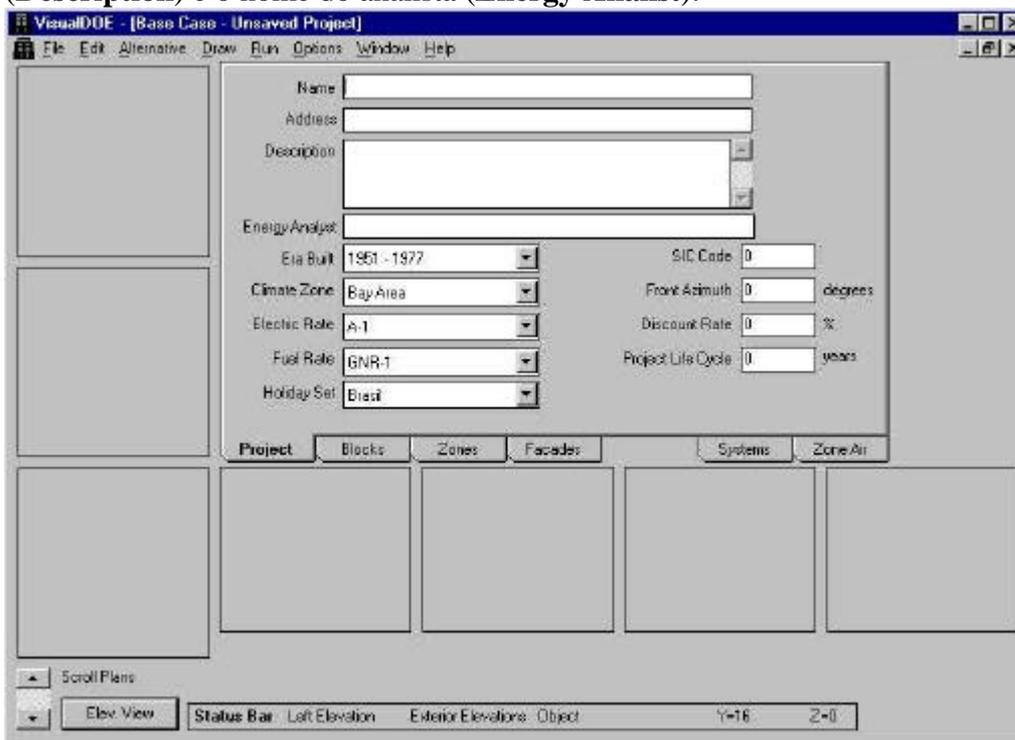
A seguir são apresentados os principais tópicos do editor gráfico, identificados por Folders (porque se assemelham a fichas com a “orelha” na parte inferior).

### **ESCOLHA DA BIBLIOTECA DO PROGRAMA**

Por default, ao iniciar o programa é escolhido a biblioteca visdoe2.LIB, que comporta dados de materiais construtivos, equipamentos de ar condicionado, características de aberturas, schedules, etc. Caso deseje outra biblioteca, a exemplo da biblioteca brasileira, execute os seguintes: *File/Library/Open* e especifique-a empregando as rotinas do ambiente Windows.

### **4.1. Project Folder**

Este primeiro folder (Figura 3) se inicia com a identificação do modelo analisado, com a entrada de um nome para o objeto de estudo (**Name**), endereço (**Address**), descrição (**Description**) e o nome do analista (**Energy Analyst**).



**Figura 3 – Folder Project.**

Os demais itens são apresentados a seguir:

**Era Built:** Corresponde ao período de construção da edificação, que tem a finalidade de associar os defaults mais adequados para a edificação. As quatro opções são 1950 ou antes, 1951 - 1977, 1978 - 1988 e 1989 ao presente

**Climate Zona:** Identifica o clima disponível na biblioteca que está disponível no editor climático, que é acessado mediante os passos Windows/Climate. Mais informações são apresentadas no

capítulo Editor Climático , na página 26.

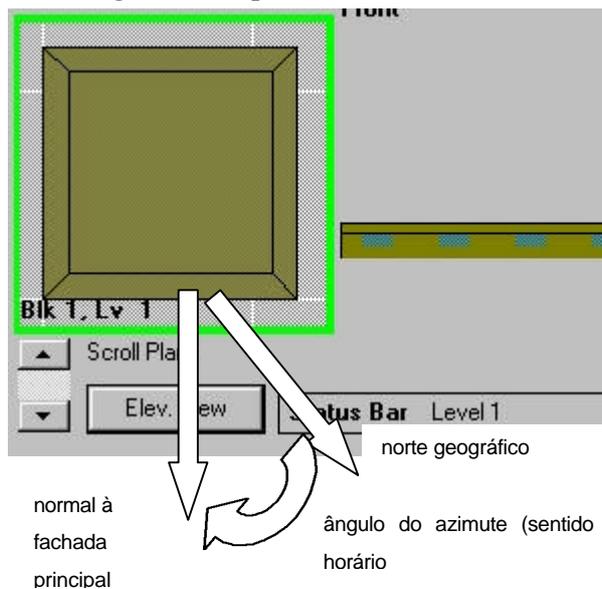
**Electric Rate:** Apresenta as opções que modelam a tarifa energética vigente. Para tarifas horazonais com contrato de demanda é necessário declará-la no editor de tarifa: *Windows/Utility Rates*.

**Fuel Rate:** Apresenta tarifas energéticas para combustíveis, como o gás natural. Para a criação de tarifas para carvão, óleo, etc, utilize o editor de tarifas: *Windows/Utility Rates*. Múltiplas tarifas podem ser caracterizadas clicando sobre *Define Multiple Meters* que aparece no topo da lista de Fuel Rate.

**Holiday Set:** Aparece uma lista de feriados que serão respeitados na simulação. Esses podem ser alterados, revisados ou adicionados no editor de schedule: *Windows/Schedule Maker*.

**SIC Code:** SIC ou Standard Industrial Classification é um código para o projeto que é negligenciado nas simulações no Brasil, haja visto que não influencia a simulação.

**Front Azimuth:** Corresponde ao ângulo formado pelo norte geográfico e a normal à fachada inferior do desenho da planta baixa, conforme Figura 4. Preferencialmente a fachada de baixo deve corresponder à fachada principal, para efeito de padronização. Quando a normal à fachada aponta para o norte o azimute é  $0^\circ$ , para o leste é  $90^\circ$ , para o oeste é  $270^\circ$  e para o sul é  $180^\circ$ . O ângulo é sempre medido no sentido horário e em graus.



**Figura 4 – Detalhe do azimute.**

As próximas variáveis são pertinentes ao cálculo de retorno de investimentos em retrofits e podem ser negligenciadas nas primeiras simulações em que se busca o caso base:

**Discount Rate:** Corresponde à taxa de desconto real sem inflação para o cálculo retorno de retrofits.

**Project Life Cycle:** Corresponde ao ciclo de vida das medidas de retrofits.

## 4.2. Blocks Folder

Este segundo folder se concentra na caracterização da geometria e dos materiais empregados na construção (Figura 5). Uma grande vantagem do VisualDOE sobre os demais programas é a criação de formas conforme abordagens apresentadas a seguir.

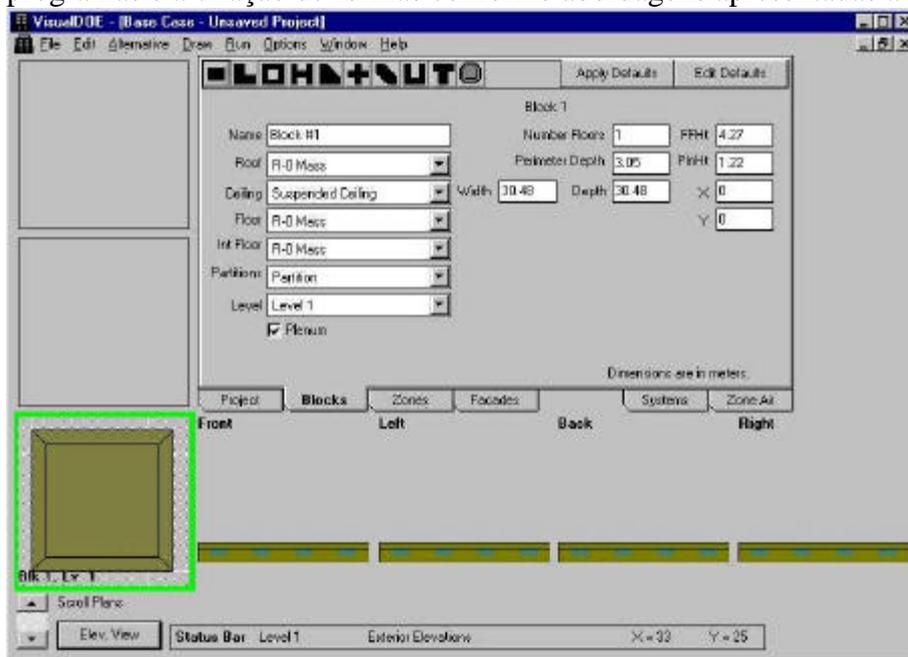
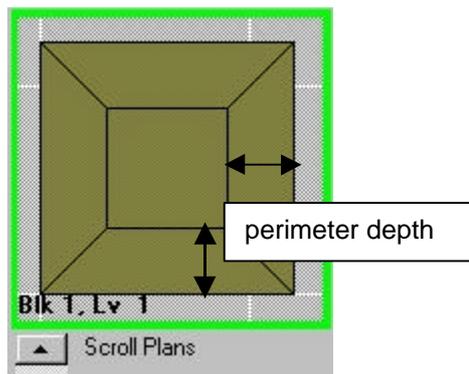


Figura 5 – Folder Block.

### 4.2.1. MODELAMENTO DA GEOMETRIA ATRAVÉS DE PADRÕES DO VISUALDOE

A forma mais simples de reproduzir as formas de um dado bloco é através dos padrões apresentados em preto ao alto () . Consiste em levar o mouse sobre o ícone que mais se aproxima, apertar com o botão esquerdo (manter apertado) e arrastá-lo para o quadrado do canto inferior esquerdo (posição ocupada pelo primeiro bloco na Figura 5). A partir do objeto escolhido aparece em caixas de valores das arestas principais. Uma vez na caixa de entrada, a aresta aparece destacada em verde sobre o desenho à esquerda, facilitando sua identificação. As dimensões declaradas são largura (width), W1, W2 etc e profundidade (depth), D1, D2, D3 etc.

Esta forma é aconselhada para a reprodução de geometrias externas, haja visto que os gabaritos atendem a maioria dos casos. Entretanto, é limitado para caracterizar as repartições internas, uma vez que a única variável inerente às dimensões internas é o *Perimeter Depth*, que corresponde a distância da zona central em relação às fachadas (Figura 6).



**Figura 6 – Perimeter depth.**

As formas de modelamento em CAD são apresentadas no capítulo específico "CAD do VisualDOE", na página 43.

As demais variáveis que devem ser declaradas são listadas a seguir:

**Name:** é a identificação do bloco, limitado a 40 caracteres. Os elementos que compõem o bloco como **ROOF, CEILING, FLOOR, INTERIOR FLOOR** e **PARTITIONS** apresentam uma lista de materiais de construção disponíveis na biblioteca. Para modificá-los ou mesmo avaliá-los acesse o editor de materiais: *Windows/Constructions*.

**Level:** corresponde ao nível do pavimento e está associado a altura do pavimento. Permite identificar se o bloco está acima de determinados pavimentos ou mesmo do lado de outros. Por *default*, o programa coloca os blocos empilhados.

**Plenum** (confirmação no box): Ao clicar no "check box" confirma a presença de pleno (forro) e abre uma caixa de variável de sua altura, o PlnHt (Plenum Height), correspondente a altura do espaço formado entre o forro de um pavimento e o piso do pavimento superior. Esse espaço é frequentemente empregado para a passagem de dutos de ar condicionado e luminárias, podendo servir de retorno do ar climatizado.

**Number Floors:** para pavimentos idênticos é possível suprimir a declaração de cada um, bastando declarar o número em que acontecem. Ou seja, para uma torre de 20 andares com todos eles iguais sob o ponto de vista geométrico, materiais e uso, basta declarar o primeiro (que está em contato com o solo), o segundo que ocorre 18 vezes, e o último (que apresenta a laje exposta).

**FFHt** (*Floor-to-Floor Height*): corresponde à altura entre o piso de um pavimento e o piso do pavimento superior. Ao trocar o valor, os desenhos são atualizados mediante os passos: *Draw/Elevation*, no menu principal.

**X, Y:** representa as coordenadas do canto inferior esquerdo do bloco. Essas coordenadas são importantes para distribuir os blocos entre si.

Da mesma forma que outros *folders*, é possível editar os *defaults* visando mais agilidade e fidelidade na construção de cada modelo. Para isso, aperte sobre o botão Edit Defaults e escolha as variáveis que acontecem com maior frequência.

### 4.3. Folder ZONE

O folder aborda a caracterização de uso das zonas dos blocos (Figura 7).

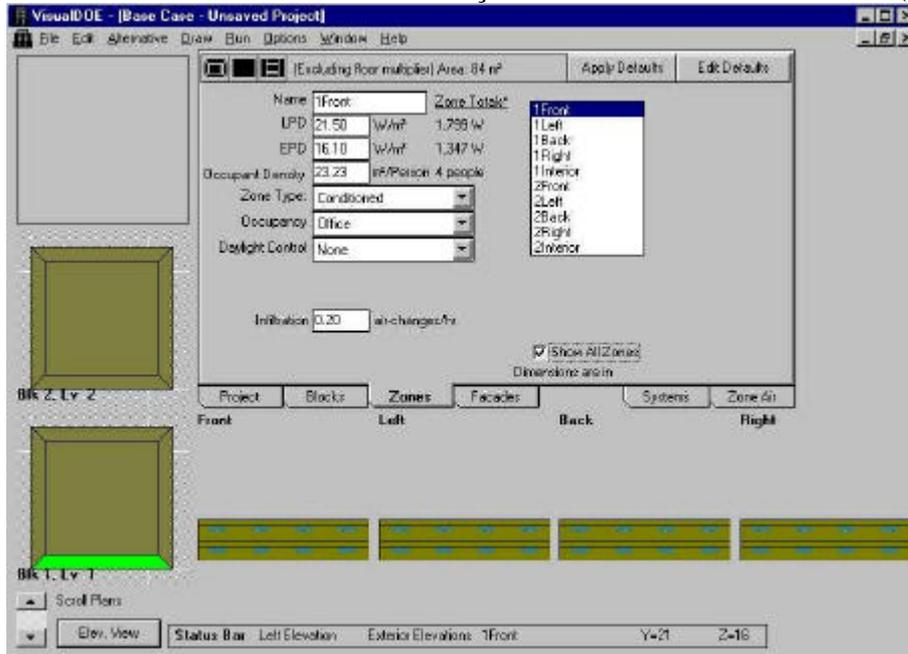


Figura 7 – Folder Zones.

Ao clicar sobre um bloco, suas zonas são apresentadas na caixa da direita para que sejam marcada (s) e assim atribuídas as características convenientes. Pode ser escolhido uma zona por vez ou mais, bastando clicar com o mouse sobre as zonas desejadas, com a tecla Ctrl aberta (ao mesmo tempo). As zonas escolhidas se destacam, facilitando a identificação.

No alto do folder há três padrões que definem as divisões internas dos blocos (somente dos blocos obtidos também por padrões):



- o primeiro é mesmo adotado por *default* ao escolher o bloco, composto por cinco zonas.



- o segundo corresponde a uma única zona, sem repartições internas.



- o terceiro não está disponível para a última atualização do programa.

Para adotar uns dos padrões basta arrastá-lo e soltá-lo sobre o bloco, usando o *mouse*.

**Name:** é o nome atribuído automaticamente, que pode ser mudado para um nome mais apropriado, restringindo-se a 12 caracteres.

**LPD (Lighting Power Density):** sua unidade é  $W/m^2$  e corresponde à densidade de iluminação instalada na zona. É obtida da razão entre a potência instalada no sistema de iluminação pela área. Esse valor é um índice a qual a *schedule* de iluminação se refere, conforme é visto no editor de schedules.

**EPD (Equipment Power Density):** da mesma forma que o LPD, esse reflete a densidade de potência associada a equipamentos elétricos que frequentemente estão ligados às tomadas, tais como microcomputadores, cafeteiras, fotocopiadoras, máquinas de escrever, fax, etc.

**Occupant Density:** a densidade de ocupação reflete a ocupação máxima de pessoas obtida da razão área da zona pelo número de pessoas, na  $m^2/person..$

**Zone Type:** descreve se a zona é condicionada (resfriadas ou aquecidas) ou não. As escolhas são *conditioned*, *unconditioned* ou *plenum*. As zonas que são resfriadas e/ou aquecidas devem ser condicionadas.

**Occupancy:** a biblioteca dispõe de um grande número de opções para descrever a forma de ocupação da edificação. Cada uma das das ocupações listadas são compostas por diversas schedules que descrevem a forma de uso de iluminação, equipamentos, presença de pessoas, infiltração de ar externo, aquecimento de água, ventiladores, set-point de aquecimento e de resfriamento, renovação de ar externo e temperatura do *Power Induction Unit*, além de dados para auto-dimensionamento de ar condicionado.

**Infiltration:** corresponde a taxa de infiltração de ar externo que penetra pelas aberturas como portas abertas e frestas de janelas, na unidade trocas de volume de ar do ambiente a cada hora. Construções americanas bem vedadas apresentam taxas de 0.3 volumes/hora, enquanto que a média é de 0.5 trocas/hora. Mais informações pode ser obtida no livro ASHRAE Fundamentals, 1997.

**Open to Below.** Essa alternativa é acionada ao clicar sobre o “check box” e permite combinar uma dada zona com a zona inferior, para representar um átrio ou espaços que apresentam pé-direito duplo.

**Zone Open To .** Uma vez optado pela função anterior, aparecem opções que permite identificar as zonas ligadas.

**Daylight Control.** Esse comando permite modelar zonas que possuem controles automáticos para combinar luz artificial com iluminação artificial. As opções possíveis são:

- None: para situações que não emprega controle de iluminação artificial com natural;
- Dimming: apresenta controle que regula gradativamente (“dimer”) a iluminação artificial tal que atenda uma dada iluminância no plano de trabalho;
- On/Off: controle que desativa totalmente a iluminação artificial quando a iluminação natural é suficiente para atender a iluminância especificada;
- Off/50%/On: controle que pode desativar totalmente a iluminação natural ou em apenas 50%, segundo a iluminância obtida;
- Off/33%/67%/On: comando similar ao anterior que gerencia o acionamento desligando-o totalmente, desligando 33%, 67% ou nada, conforme a iluminância disponível.

Para modelar o complicado fenômeno de controles de iluminação natural emprega-se o modelo simplificado que emprega um sensor no centro da zona a altura de uma mesa de trabalho. A localização do sensor é passível de mudanças pelo usuário, no Custom Block Editor. Assume-se uma refletividade de superfície de 80% para o forro, 50% para a parede e 20% para os pisos.

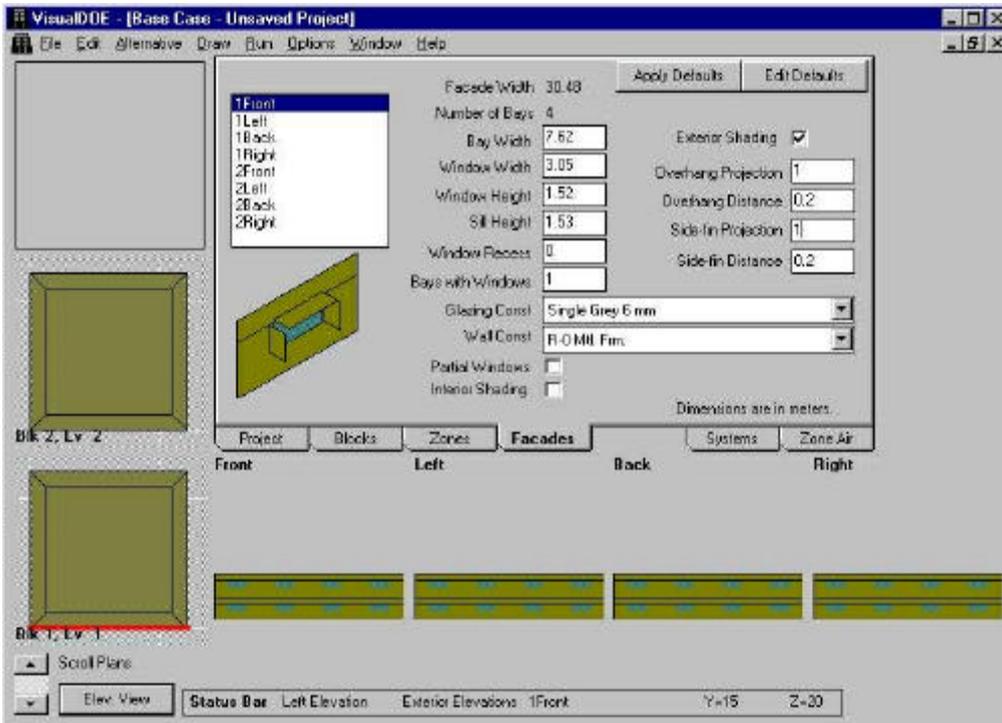
**Illuminance.** Estabelece a iluminância desejada no ponto do sensor, na unidade de lux (foot-candles).

**Control Fraction.** Indica a fração da zona que é controlada por comandos de iluminação natural.

**Show All Zones.** Essa opção permite observar todas as zonas, ao invés das zonas do único bloco abordado.

## 4.4. Folder FACADES

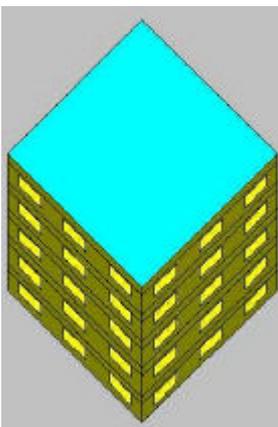
O folder aborda a caracterização das aberturas como janelas (Figura 8)



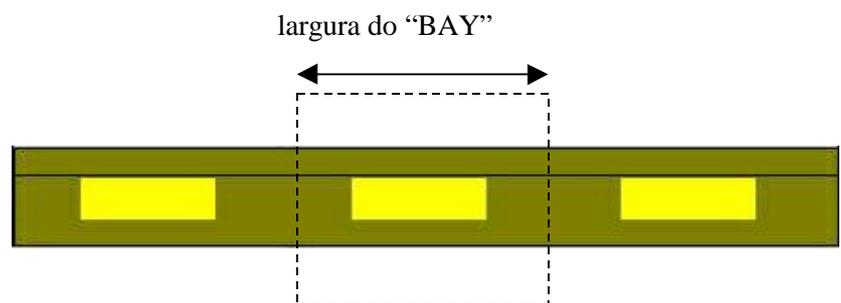
**Figura 8 – Folder Facades.**

Conforme a Figura 8 apresenta, todas as faces da edificação estão listadas no alto à esquerda. O procedimento para caracterizar cada face é similar à caracterização da zona (*folder* anterior). Pode ser um por vez ou aos blocos. Cada variável de entrada é abordada a seguir.

**Bay Width.** Este termo se refere a largura de módulos que se repetem em fachadas. A exemplo da Figura 9, um edifício pode apresentar uma abertura que se repete sucessivamente e regularmente em suas fachadas. Neste caso o *BAY* seria representado pela Figura 10, ou seja, a janela acrescida da metade da distância entre cada janela do lado esquerdo e do lado direito.



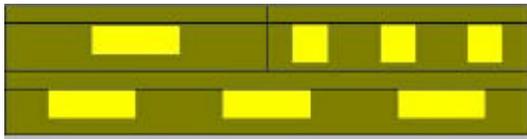
**Figura 9 – Exemplo de ocorrência de “BAYS”.**



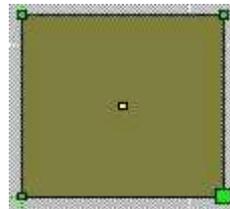
**Figura 10 – Detalhe de um “BAY”.**

Caso uma única fachada apresente duas ocorrências de *BAYS*, como a da Figura 11, é necessário corrigir o bloco adicionado um vértice. Neste caso é necessário recorrer ao *Custom*

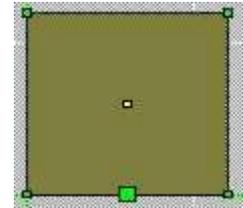
*Block Editor*, marcar o ponto da direita (conforme Figura 12) e clicar sobre *ADD VERTEX* para ficar como a Figura 13. Cabe lembrar que para acessar o *Custom Block Editor* é necessário que o bloco tenha sido obtido pelo *Custom Block Editor*, impossibilitando o recurso para blocos obtidos pelos padrões.



**Figura 11 – Ocorrência de dois BAYS.**



**Figura 12 – Fachada única.**



**Figura 13 – Adição de um vértice na fachada.**

**Window Width and Height.** Corresponde à tradução literal: largura e altura da janela (em metro). O programa considera que todas as janelas tem esquadrias de alumínio com 5 cm de largura que atua como ponte térmica. A área da janela é automaticamente subtraída das dimensões declaradas.

**Window Recess.** Corresponde à distância da janela em relação ao exterior da parede (em metro).

**Sill Height.** É a distância do piso a parte mais baixa da esquadria da janela.

**Bays with Windows.** É a fração de *BAYS* que apresentam janelas. Por exemplo, se todos os *BAYS* tem janela o valor correspondente é 1; se apenas 1/3 dos *BAYS* tem janela o valor corresponde a 0.33.

**Glazing Construction.** Deve ser escolhido um tipo de vidro que corresponda à janela selecionada, dentre as dezenas disponíveis. Para conferir se as propriedades da opção escolhida corresponde ao caso real, o usuário deve acessar o *FENESTRATION EDITOR*.

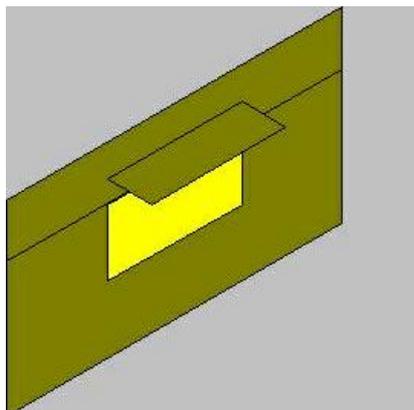
**Wall Construction.** Da mesma forma que foram selecionados os pisos e coberturas do edifício no folder *BLOCKS*, deve ser escolhida uma opção para a parede da fachada escolhida. As propriedades das paredes podem ser analisadas no *CONSTRUCTION EDITOR*.

➤ **obs:** Para paredes que estão abaixo do nível do solo, em contato com a terra, a opção recomendada é o **Below Grade Wall**.

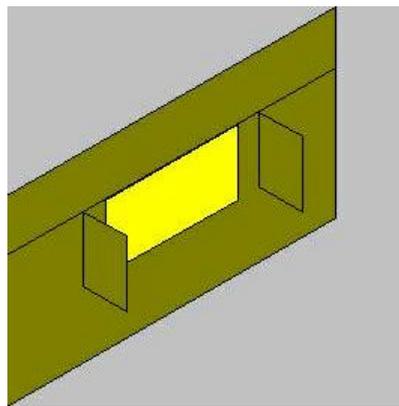
**Partial Windows .** Quando se define a largura do *BAY*, frequentemente sobra uma área da face que é inferior a um *BAY*. Ao optar pelo *Partial Windows* o programa calcula uma abertura proporcional á área que sobrou. Por exemplo, uma face de 35m com *BAY* de 10m e janela de 8m comporta três *BAYS* e uma quarta área de 5 m. Se optar pelo comando, o programa coloca uma área de tamanho proporcional á área que sobrou, isto é, como á área que sobrou é de 50 % da área do *BAY*, a janela desta área terá 4m de largura.

**Interior Shading.** A opção de sombreamento interno modela uma cortina corta que será aberta quando o ganho térmico for inferior a 87,8 W/m<sup>2</sup>. Quando o ganho térmico for superior a cortina é fechada, reduzindo o SC (shading coeficiente) para 80% e reduzindo a transmissão de luz para 60%.

**Exterior Shading.** Esta opção permite modelar projeções externas horizontais (*overhangs*) conforme Figura 14, e projeções verticais (*side-fins*) como o da Figura 15.



**Figura 14 – Exemplo de Overhang.**



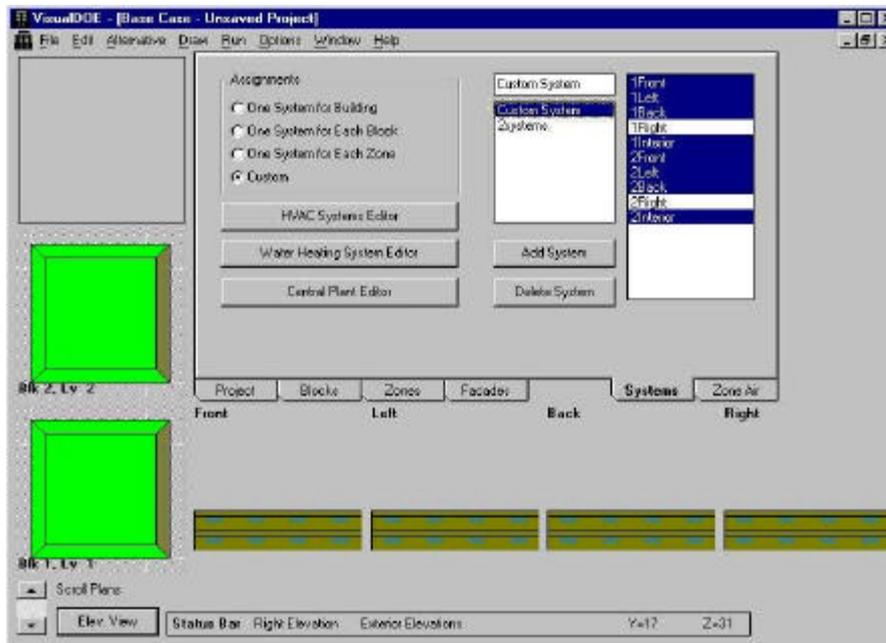
**Figura 15 – Exemplo de Side-Fins.**

**Overhang Projection e Distance.** O primeiro define o tamanho da projeção do *overhang* e o segundo define a distância do *overhang* em relação ao ponto superior da janela.

**Side-Fin Projection e Distance.** O primeiro termo define o tamanho da projeção do *Side-Fin* e o segundo define a sua distância em relação às laterais da janela.

## 4.5. Folder SYSTEMS

Este folder caracteriza o sistema primário e o sistema secundário de ar condicionado (Figura 16). Caso esses termos não sejam familiares, sugere-se que o leitor aborde o capítulo Sistema de condicionamento de ar na página 46.



**Figura 16 – Folder SYSTEMS.**

Ao se deparar com esse folder, o usuário tem quatro opções para configurar seu sistema de ar condicionado secundário, identificado por *SYSTEMS*:

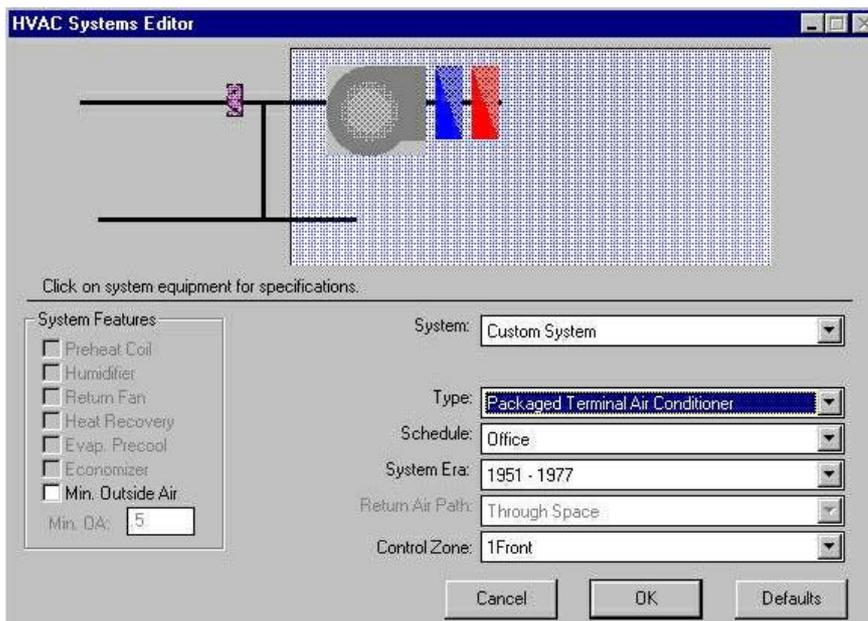
**One System for the Building.** Essa opção considera que há um sistema central de distribuição de ar que atende toda a edificação. Dessa forma, há somente um resfriador de ar (*fan-coil*, *self* ou condicionador de ar de janela), um único aquecedor e um único termostato que regula seus acionamentos. É uma forma simples e rápida de modelar um sistema de ar condicionado, indicado para quando não se sabe o que há no edifício e se deseja simular para testar o modelo. Por outro lado é um sistema que ocorre somente em pequenos edifícios.

**One System for Each Block.** Essa opção considera que há um sistema central de resfriamento/aquecimento de ar por bloco. É uma aproximação melhor que a anterior para edifícios com vários pavimentos.

**One System for Each Zone.** Opção indicada principalmente para sistemas unitários ou sem dutos de distribuição de ar em que o resfriador é um ar condicionado de janela ou um fan-coil de pequenas dimensões. Também é indicado quando há mais de um *SYSTEMS* por andar, como self-contained e condicionador de ar janela, porque permite zonar segundo cada *SYSTEM*, haja visto que o VisualDOE não aceita dois tipos de *SYSTEM* por zona.

**Custom.** Essa opção é a mais flexível porque permite criar *SYSTEMS* associados às zonas. Neste caso todas as zonas aparecem à direita e os *SYSTEMS* existentes ao lado. Para criar um *SYSTEM* basta clicar sobre a teclha *ADD SYSTEM*. Para associar a zona ao *SYSTEM*, basta arrastá-la e soltá-la sobre o *SYSTEM* que atende a zona.

A partir da escolha da abrangência dos *SYSTEM*, é necessário escolher o tipo, acessando o *HVAC System Editor* (Figura 17), clicando sobre o botão.



**Figura 17 – HVAC Systems Editor.**

As alternativas para caracterização geral do *SYSTEM* são apresentadas a seguir.

**System.** Identifica o sistema secundário de ar condicionado criado no folder *SYSTEMS*, que aparece graficamente acima do nome com o ventilador, o resfriador de ar e o aquecedor de ar, na forma básica.

**Type.** Caracteriza o tipo de system selecionado. Entre as diversas formas, há os que representam somente aquecedores, até os que representam conjuntos de resfriadores e aquecedores em ar condicionado de janela, em *self-contained* com volume de ar constante e volume de ar variável e em *fan-coil* com e sem dutos, entre outros.

**Schedule.** Caracteriza a forma de uso dos ventiladores e os set-points de aquecimento e resfriamento, definidos no *SCHEDULE MAKER*.

**System Era.** Identifica o período de confecção do sistema para efeito de escolha de default pelo programa.

**Return Air Path.** Define a forma de retorno do ar tratado.

**Control Zone.** Especifica a zona que contém o termostato, para efeito de acionamento dos resfriadores e aquecedores de ar.

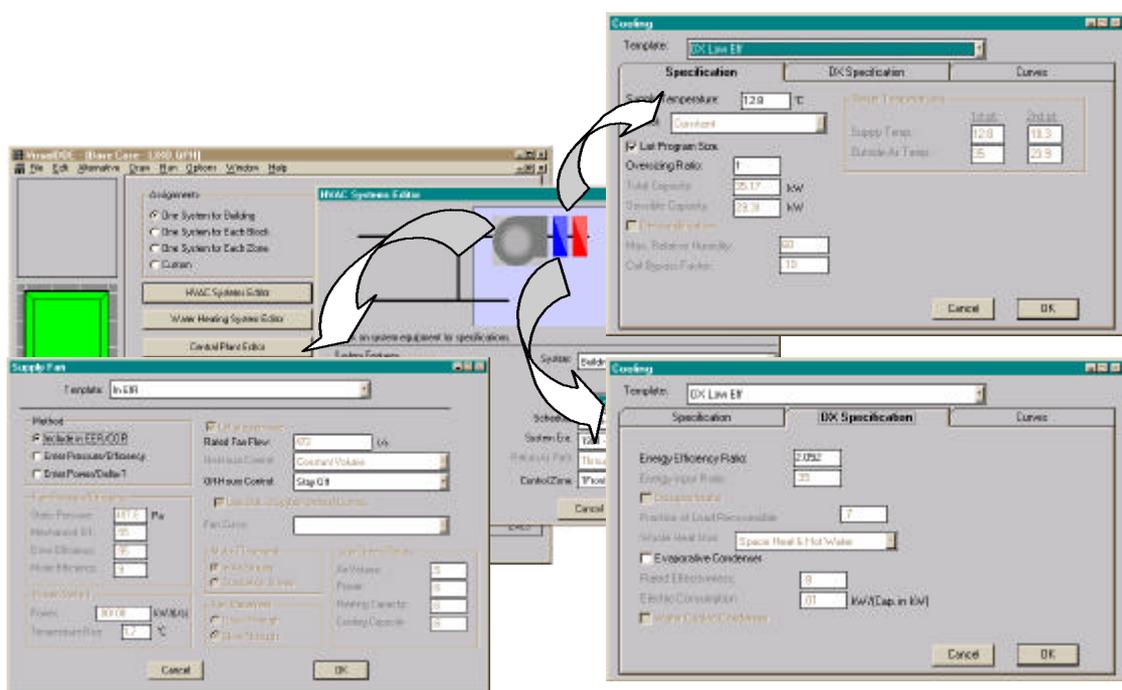
#### **4.5.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DO HVAC SYSTEMS EDITOR**

A caracterização dos elementos como capacidade e eficiência apresentam diferenciações quanto a inclusão ou não da eficiência do motor-ventilador do evaporador no EER. Este procedimento é claro na caracterização dos sistemas modelados no VisualDOE, que apresenta uma forma geral para todos os sistemas e uma específica para sistemas do tipo “*packaged*”.

Para compreender melhor a forma de modelamento, o VisualDOE caracteriza inicialmente o sistema secundário de climatização artificial. É nesta fase do modelamento em que se deve decidir quanto ao índice de eficiência empregado. Aconselha-se que após a escolha do sistema de condicionamento de ar<sup>1</sup> comece a caracterização da eficiência do sistema pelo ventilador. Para

<sup>1</sup> Obtido do folder Systems, “botão HVAC Systems Editor”, c “type”.

isso, basta clicar um única vez sobre o ventilador. Há a possibilidade de escolher entre a inclusão da sua eficiência no EER/COP ou a sua caracterização à parte, a partir da razão **pressão por eficiência**, ou **energia consumida por vazão de ar fornecida**. O próximo passo é caracterizar a serpentina do evaporador<sup>2</sup>, a partir do folder “cooling”. O primeiro folder de “cooling”, o “Specification”, é usado para caracterizar todos os sistemas sem distinção. Porém é no próximo, o “DX specification”, que surge uma forma de caracterização exclusiva para os sistemas do tipo “packaged” (incluem compressor, evaporador, condensador, etc). Caso tenha optado pela caracterização da eficiência do ventilador combinado com o EER/COP, deve-se declarar o valor correspondente em Btu/(h-W) nas condições ARI. Caso contrário, declara-se o EIR (equivalente ao CER), que corresponde ao consumo total de energia menos o consumo de ventiladores do evaporador, dividido pela capacidade de refrigeração.



**Figura 18 – Folder de caracterização da eficiência dos condicionadores de ar.**

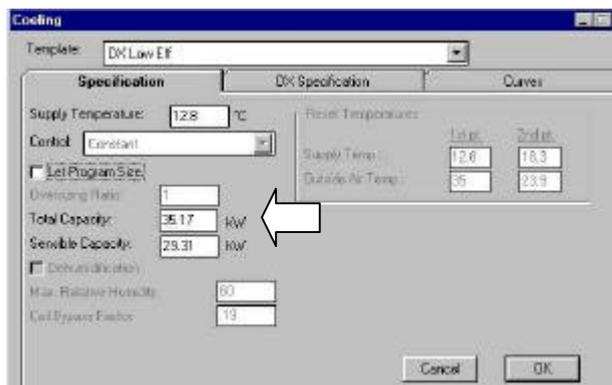
O modelamento de sistemas diferentes do tipo “packaged”, como os que empregam resfriadores de líquido, não apresentam a possibilidade de incluir a eficiência do ventilador no EER/COP, e tampouco de caracterizá-la na serpentina de evaporação. A caracterização do sistema deve ser feita no ventilador do evaporador e no resfriador de líquido, separadamente.

Há uma segunda forma de modelar a eficiência dos equipamentos, entretanto mais complexa, que é através da declaração da curva de eficiência, haja visto que a eficiência varia segundo as condições climáticas das zonas e do exterior às zonas. Para condicionadores de ar do tipo expansão direta, como os “packaged”, a eficiência varia segundo a temperatura de bulbo úmido de entrada e temperatura de bulbo seco externa, enquanto os sistemas com expansão indireta (como os resfriadores de líquidos) a eficiência varia segundo a temperatura de bulbo úmido e de bulbo seco de entrada (DOE-E Supp., IV.241). O comando de entrada é o “COOL-CAP-FT” que corresponde a uma equação bi-linear ou bi-quadrática. Há um terceiro parâmetro

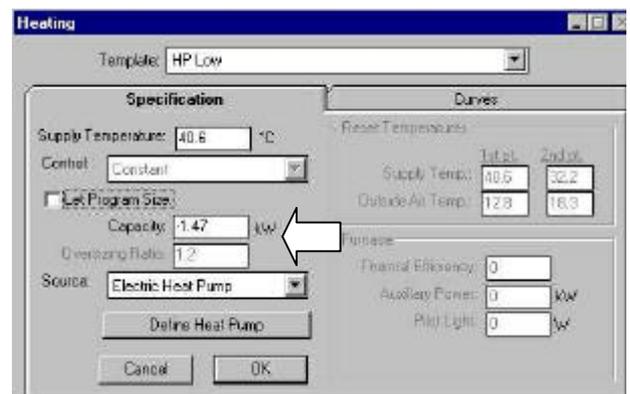
<sup>2</sup> A partir do folder do meio da Figura 18, clicando sobre a serpentina da representação gráfica surge um outro folder (folder superior direito da Figura 18).

para modelamento da eficiência, que é o comando “COOL-EIR-FT”, que descreve a variação do EIR

Além da eficiência, é necessário caracterizar a capacidade de cada elemento, clicando sobre os elementos. O ventilador tem sua capacidade declarada como vazão, em litros por segundo, enquanto os trocadores de calor são caracterizados como capacidade de refrigeração (Figura 19) e aquecimento (Figura 20), em kW.



**Figura 19 – Declaração de capacidade de refrigeração.**



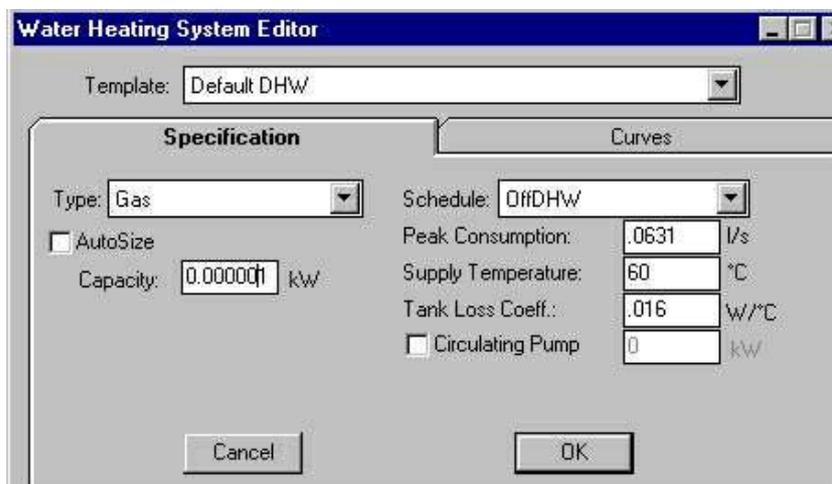
**Figura 20 - Declaração de capacidade de aquecimento.**

As demais variáveis podem ser obtidas com profissionais da área de ar condicionado que certamente saberão interpretá-las. Entretanto para as primeiras simulações os defaults do VisualDOE são satisfatórios.

Para auxiliar o usuário na identificação do sistema secundário mais fiel à sua edificação há o capítulo Modelamento de Condicionadores de Ar na página 48.

#### 4.5.2. CARACTERIZAÇÃO DO WATER HEATING SYSTEM EDITOR

Esse editor caracteriza o sistema de aquecimento de água para outros fins que não sejam a climatização artificial dos ambientes. Desde que não haja esse sistema na edificação modelada, sugere-se adotar os valores da Figura 21, optando por aquecimento do tipo a gás e declarando um valor muito pequeno para a capacidade tal que seja aproximadamente zero, uma vez que a declaração do valor zero implica em erro de execução ao programa.



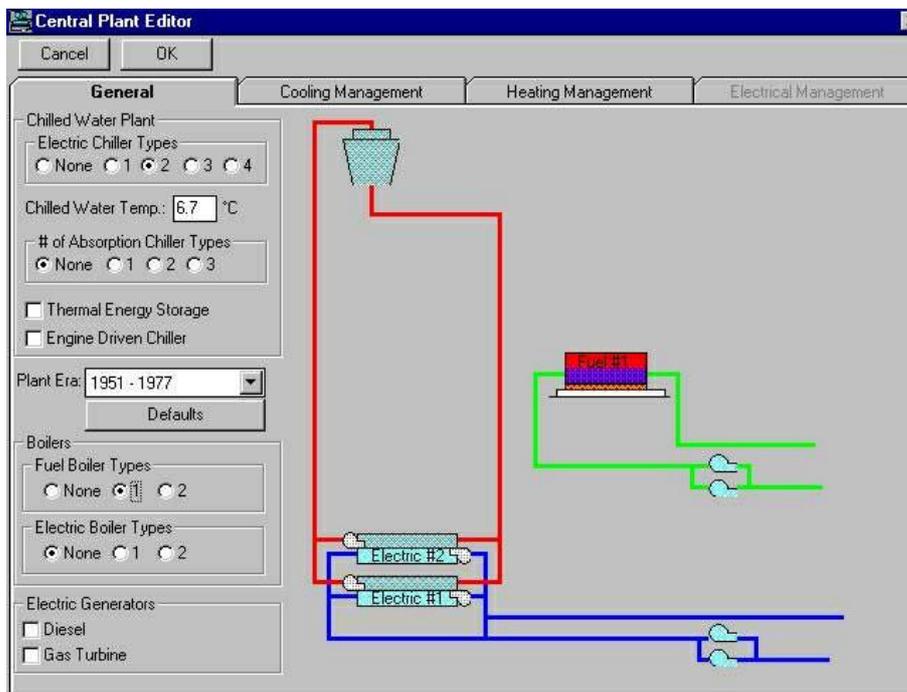
**Figura 21 – Water Heating System Editor.**

#### 4.5.3. CARACTERIZAÇÃO DO CENTRAL PLANT EDITOR

Para os resfriadores e aquecedores de ar do *SYSTEM* que empregam água gelada e água quente nos seus trocadores de calor é necessário caracterizar o resfriador e o aquecedor de água. Esses componentes compreende o sistema primário do ar condicionado e são caracterizados a parte. Esse editor é empregado para caracterizar os sistemas de resfriamento e aquecimento de água que passam pelos trocadores de calor do *SYSTEM*, desde que sejam *fan-coils* ou aquecedores mantidos por água. Para uma melhor compreensão do sistema, sugere-se a leitura do capítulo Centrais de Água Gelada na página 52.

Ao abrir o editor, cabe ao usuário simplesmente clicar sobre os íntens existentes no seu sistema primário que os elementos aparecem à direita, conforme Figura 22, que evidencia ao alto a torre de arrefecimento, dois resfriadores de líquido embaixo com suas bombas de água gelada, e mais ao centro e à direita aparece uma caldeira e suas bombas de água quente. Para caracterizar cada elemento basta clicar sobre ele que uma nova janela se abre.

O principal elemento que pode ser caracterizado nos primeiros modelos de uma edificação é o resfriador de líquido, conhecido pelo termo técnico de chiller.



**Figura 22 – Central Plant Editor.**

As principais variáveis a serem preenchidas também são a eficiência e capacidade, além do tipo de resfriador. O tipo de resfriador é o primeiro ítem no alto do editor que aparece ao clicar sobre o resfriador. A ele está associado dezenas de defaults essenciais como eficiência nominal e curvas de eficiência. A eficiência é dada em APLV a 100% de capacidade, na razão de demanda de energia (MW) pela capacidade de resfriamento (MW) e também aparece no primeiro folder, conforme seta da Figura 23.

Como cada folder caracteriza um tipo de resfriador, é possível declarar até seis tamanhos de resfriador e suas capacidades no segundo folder, apresentado na Figura 24.

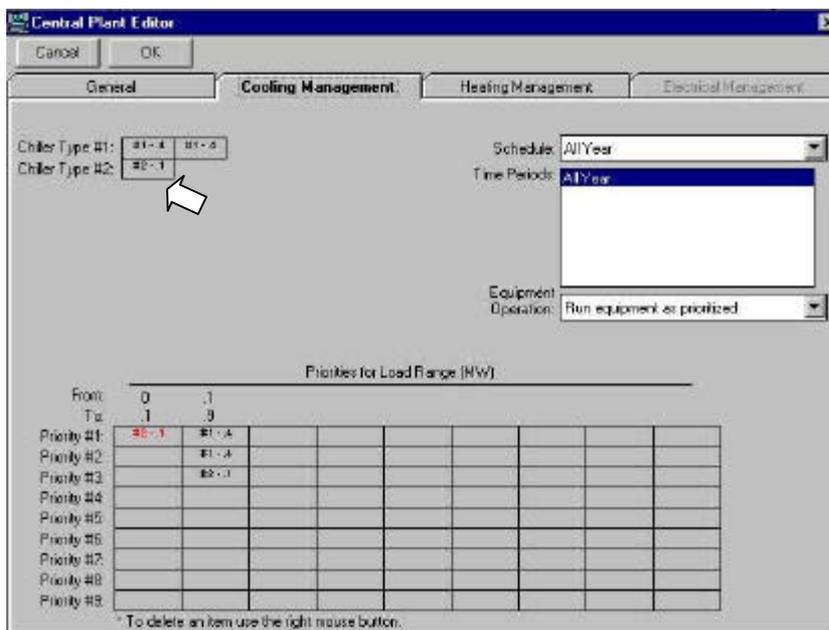


**Figura 23 – Folder que caracteriza a eficiência de um resfriador de líquido.**



**Figura 24 - Folder que caracteriza a capacidade de um tipo de resfriador de líquido.**

Para situações em que se declara mais de um resfriador de líquido é necessário caracterizar o critério de acionamento, ou seja, qual é ligado primeiro e segundo a carga de refrigeração demandada. Para exemplificar, supondo a existência de um resfriador pequeno de 100 kW de refrigeração que entra nos períodos de pouca carga térmica (geralmente a noite) e mais dois resfriadores maiores de 400 kW cada para os períodos de ocupação. O VisualDOE permite que selecione o primeiro resfriador para atuar em baixas cargas de refrigeração simplesmente arrastando o quadrado apontado pela seta até o primeiro espaço da grade na parte inferior do quadro. Para caracterizar as entradas dos resfriadores maiores, o procedimento é o mesmo: arrastar um por vez até a segunda coluna da grade, para a primeira e depois para a segunda linha, podendo ainda colocar o resfriador pequeno para complementar a carga máxima de refrigeração disponível.



**Figura 25 – Folder de gerenciamento de entrada de resfriadores de líquido.**

Os demais elementos também podem ser negligenciados nas primeiras fases de simulação, usando os defaults do VisualDOE. Entretanto sugere-se a consulta a técnicos da edificação para apurar essas variáveis à medida que o modelo for melhorado.

## 4.6. Folder ZONE AIR

O folder Zone Air (Figura 26) é o último folder do editor gráfico e sua função principal é caracterizar as vazões de ar de insuflamento e ar de renovação para as zonas.

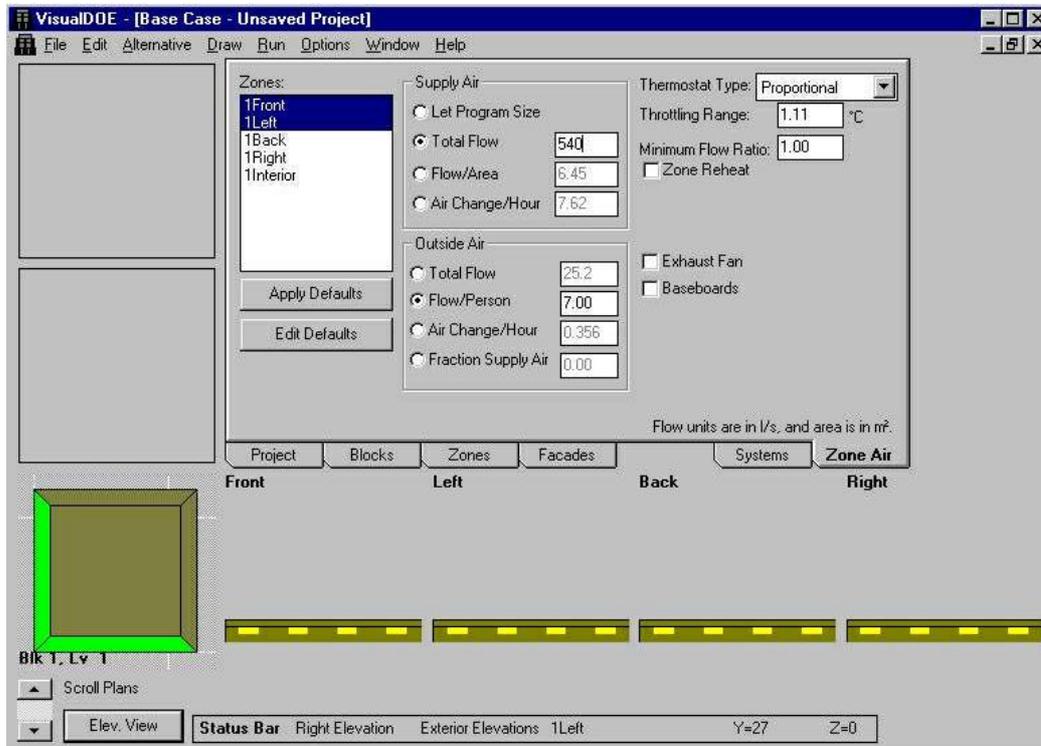


Figura 26 – Folder ZONE AIR.

À direita aparecem todas as zonas da edificação, que à exemplo dos demais folders, devem ser marcadas para que as variáveis possam lhe ser atribuídas. As variáveis são listadas a seguir.

**Supply Air.** O primeiro item a ser caracterizado é o fornecimento de ar climatizado, com quatro opções:

- **Let Program Size:** o programa se encarrega de calcular a vazão mais apropriada;
- **Flow/Area:** é o valor obtido do fluxo total de ar em l/s, dividido pela área da zona;
- **Total Flow:** é a vazão de projeto para a zona, em l/s;
- **Air Change/Hour:** corresponde ao número de trocas de volume de ar do ambiente a cada hora.

**Outside Air.** É a vazão de ar externa que é insuflada para o ambiente através de ação mecânica. Esse valor pode ser obtida por medição de vazão, dado de projeto ou adoção de valores recomendáveis por norma, como NBR6401 apresentada na Tabela 1. As formas de caracterizá-la são:

- **Total Flow:** é o fluxo total de ar, dados em l/s;
- **Flow/Person:** corresponde à vazão de ar por pessoa, dado em (l/s)/pesoa;
- **Air Change/Hour:** é o número de troca de volume de ar a cada hora;
- **Fraction Supply Air:** corresponde à fração de ar insuflado (caracterizado anteriormente) que corresponde ao ar externo de renovação.

**Tabela 1 - Ar Exterior para renovação.**

Local	Vazão recomendável por pessoa (m <sup>3</sup> /h)		Concentração de Fumantes
	recomendável	mínimo	
Bancos	17	13	Ocasional
Barbearias	25	17	Considerável
Salões de beleza	17	13	Ocasional
Bares	68	42	-
Cassinos - grill - room	45	35	-
Escritórios			
Públicos	25	17	Alguns
Privados	42	25	Nenhum
Privados	51	42	Considerável
Estúdios	35	25	Nenhum
Lojas	17	13	Ocasional
Salas de hotéis	51	42	Grande
Residências	35	17	Alguns
Restaurantes	25	20	Considerável
Salas de diretores	85	50	Muito grande
Teatros - cinemas - auditórios	13	8	Nenhum
Teatros - cinemas - auditórios	25	17	Alguns
Salas de aulas	50	40	Nenhum
Salas de reuniões	85	50	Muito grande
Aplicações gerais			
Por pessoa (não fumando)	13	8	-
Por pessoa (fumando)	68	42	-

Tabela obtida da NBR 6401/1980.

**Thermostat Type** . As escolhas são:

- **Proportional Thermostat:** a capacidade do system é do tipo linearmente proporcional segundo a diferença de temperatura entre o setpoint e a temperatura do ambiente;
- **Two-Position:** é o tipo comum que opera totalmente ligado ou totalmente desligado;
- **Reverse-Action:** indicado para sistemas de volume de ar variável, especialmente para os sistemas com *power induction units*.

**Throttling Range.** É a faixa de temperatura em torno do setpoint que pode oscilar.

**Minimum Flow Ratio.** Indicado para sistemas de volume de ar variável, esse é a fração mínima de ar de projeto para a zona (sugere-se o valor 1).

**Zone Reheat.** Opção para sistemas multizonas que apresentam reaquecimento, com as seguintes caracterizações:

- **Reheat Delta-T:** é o aumento de temperatura do ar ao passar pelo reaquecimento;
- **Heat Source:** especifica a fonte de calor para o reaquecimento.

**Exhaust Fan.** É uma opção para a caracterização de exaustores na zona. Ao acioná-la, aparece à direita um botão que deve ser acionado para caracterizar suas características mecânicas.

**Baseboards** . Essa opção é empregada para caracterizar um sistema adicional de aquecimento de ar, que emprega o mesmo termostato. Sua capacidade é dada em kW.

## 5.EDITOR CLIMÁTICO



Esse editor é acessado no menu principal quando se abre o programa, ou através da barra principal quando estiver noutro editor: passos *Window/Climate Editor*.

O editor climático é composto por dois folders: *General and Statistics*.

- **General:** há uma lista no topo correspondente aos climas reconhecidos pela biblioteca, tal que rolando a tela permita escolher o clima desejado. Ao escolher um, marcando-o, aparece a no *Climate Name* o nome que o identifica (oito caracteres no máximo), sua elevação em relação ao nível do mar, e o nome do arquivo a ele associado ( *Weather File Name*). Caso adicione um novo clima (passo *Edit/Add New*) ou deseje mudar o arquivo climático a ele associado, clique sobre *Select Weather File* para indicar o caminho e o nome do arquivo (deve ter a extensão \*.bin).
- **Statistics.** Dispões de informações sobre o clima guardados em arquivos com extensão \*.STA. Ao selecionar o clima neste folder aparece informações estatísticas sobre o clima (em unidade inglesa). Caso não o tenha disponível, o programa cria um a partir do arquivo \*.BIN. É possível obter uma cópia textual desses dados clicando sobre o botão *Copy*.

O LabEEE tem processado uma série de arquivos climáticos, apresentados na Tabela 2, a partir de dados climáticos do tipo TRY ou dados reais obtidos em estação solarimétrica ou bases aéreas.

**Tabela 2 - Arquivos climáticos disponíveis para o Brasil.**

<b>Cidade</b>	<b>VisualDOE</b>	<b>Analysis</b>
Belém	TRY (1964)	TRY (1964)
Belo Horizonte	Real (1995)	Não Disponível
Brasília	TRY (1962)	TRY (1962)
Curitiba	TRY (1969) Real (1995)	TRY (1969)
Florianópolis	TRY (1963) Real (1995)	TRY (1963)
Fortaleza	TRY (1962) Real (1995)	TRY (1962)
Foz do Iguaçu	Real (1991)	Não Disponível
Maceió	TRY (1962)	TRY (1962)
Maringá	TRY (1991)	Não Disponível
Natal	TRY (1954)	TRY (1954)
Porto Alegre	TRY (1954)	TRY (1954)
Recife	TRY (1962)	TRY (1962)
Rio de Janeiro	TRY (1963) Real (1995)	TRY (1963)
Salvador	TRY (1961)	TRY (1961)
São Luís	TRY (1966)	TRY (1966)
São Paulo	TRY (1954)	TRY (1954)
Vitória	TRY (1962)	TRY (1962)

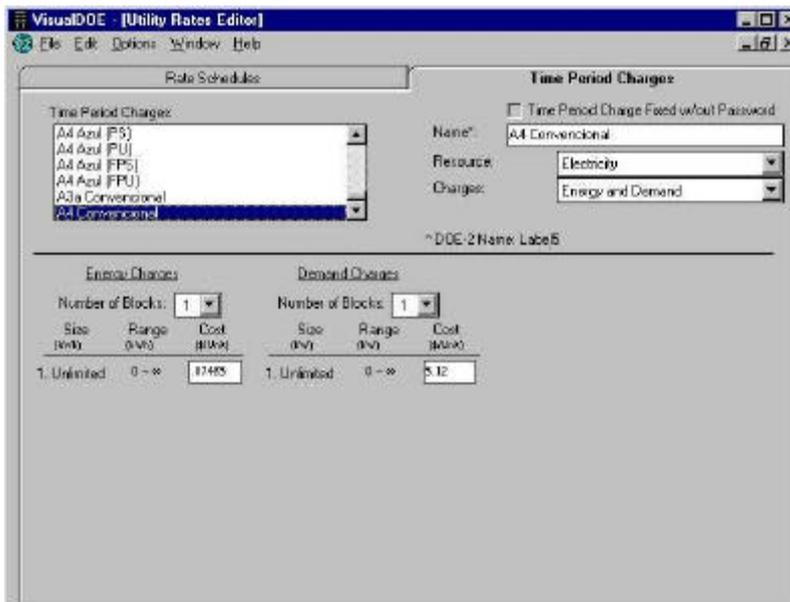
## 6.EDITOR DE TARIFAS

Esse editor edita as formas de tarifa de energia em vigor, da convencional às horo-sazonais verde e azul. É acessado no menu principal quando se abre o programa, ou através da barra principal quando estiver noutro editor: *Window/Utility Rate Editor*.

O editor é composto por dois folders: o *Rate Schedules* e o *Time Period Charges*, sendo que o primeiro faz chamadas aos itens do segundo.

No folder TIME PERIOD CHARGES (Figura 27) devem ser caracterizados o custo de energia e/ou de demanda para cada período, à exemplo dos períodos de ponta seca e úmida e fora de ponta seca e úmida. Para modificar os valores dos existentes basta marcá-lo entre as opções do quadro da esquerda ao alto. Para adicionar mais um basta ir para *Edit / Add Time Period Charge*.

Para efeito de tarifas convencionais, há somente custo sobre consumo e não sobre demanda. Neste caso a opção para a variável charges (à direita) deve ser “ENERGY”. Entretanto, para tarifas horo-sazonais é necessário optar por “ENERGY and DEMAND” e colocar a opção 2 na variável *Number of Blocks*, em *Demand Charges* (ao centro, embaixo). No lugar da variável *Size* deve ser declarado o valor de demanda contratada. Nas demais lacunas de custo devem ser declarados os valores vigentes.

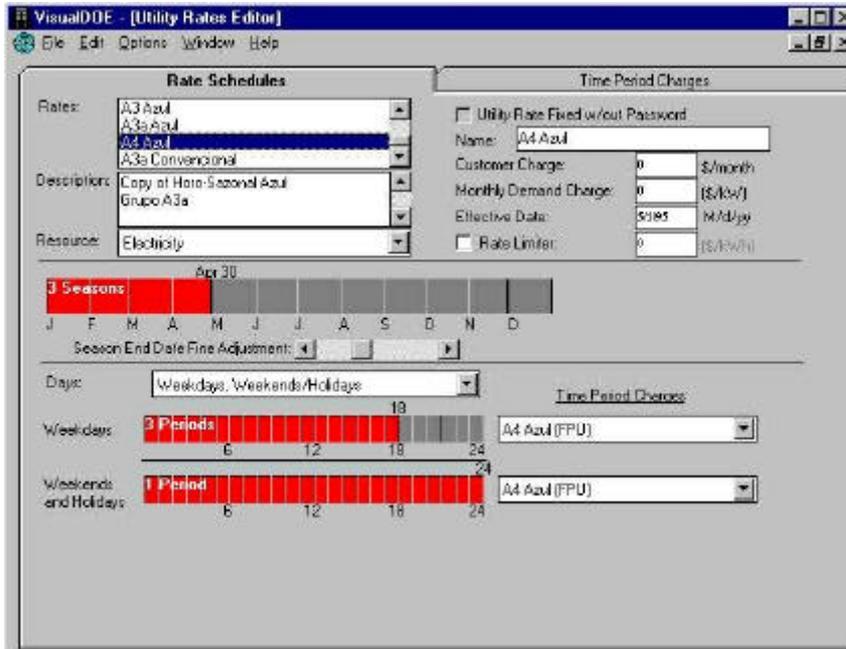


**Figura 27 – Folder TIME PERIOD CHARGES.**

No folder *Rate Schedules* (Figura 28) compõe-se a tarifa a partir dos custos por períodos. O procedimento para criar uma tarifa é *Edit / Add /Rate*. Para otimizar o trabalho, sugere-se que antes de adicionar o usuário escolha uma tarifa semelhante a que será criada, para que o usuário a altere com as menores modificações possíveis.

Para definir as temporadas com tarifas diferenciadas, à exemplo do que ocorre com o verão com a tarifa úmida e o inverno com a tarifa seca, basta proceder *Edit / Add / Season*. A correção do fim de temporada é obtida marcando o período e levando o mouse para a extrema direita, para que ao apertar o botão direito do mouse, arraste a extremidade para a posição desejada. O mesmo efeito pode ser obtido com o cursos imediatamente abaixo do indicador de temporadas.

Para adicionar períodos diários, o procedimento é semelhante: *Edit / Add / Period*, escolhendo o dia que terá o acréscimo de período. Para corrigir as horas de término, o procedimento é o mesmo da correção de temporada.



**Figura 28 – Folder RATE SCHEDULES.**

Como os recursos do VisualDOE são específicos para o mercado norte-americano, não consegue reproduzir fielmente as tarifas nacionais. Para produzir resultados adequados, está sendo desenvolvido no LabEEE um programa que usa os resultados de consumo e demanda em cada período para calcular o custo de energia e demanda. Seu nome é ENERCALC.

## 6.1. EnerCalc

O programa (Figura 29) modela e calcula o custo da energia para tarifas do grupo A, tanto em tarifa convencional como nas horo-sazonais. Como entrada de dados, são solicitadas as demandas medidas durante um ano, bem como os consumos e os fatores de potência. Também é necessário o fornecimento das demandas contratadas junto a concessionária de energia elétrica.



\* Copyright das fotografias: Eletrosul, Itaipu Binacional e Lab. Energia Eólica (Dinamarca)

### Figura 29 - Apresentação do ENERCAL.

O software possibilita a verificação das tarifas: Convencional, Horo-Sazonal Verde e Horo-Sazonal Azul, sendo que são analisados os requisitos para a aplicação de cada uma das tarifas conforme as portarias da ANEEL/DNAEE. Para cada tipo de tarifa são calculados os seguintes valores:

- Demanda Ativa (Convencional e Horo-Sazonal Verde)
- Demanda Ativa em Ponta e Fora de Ponta (Horo-Sazonal Azul)
- Consumo Ativo (Convencional)
- Consumo Ativo em Ponta e Fora de Ponta (Horo-Sazonal Verde e Azul)
- Demanda e Consumo Reativo
- Tarifas de Ultrapassagem (Horo-Sazonal Verde e Azul)

O software possibilita também a impressão dos resultados dos cálculos realizados, bem como a exportação dos dados calculados para o Microsoft Excel (formato CSV).

Ainda dentro das janelas das tarifas, podem ser visualizados gráficos comparativos anuais de demandas e consumos ativos e reativos, bem como a composição percentual da fatura de energia elétrica (Figura 30).

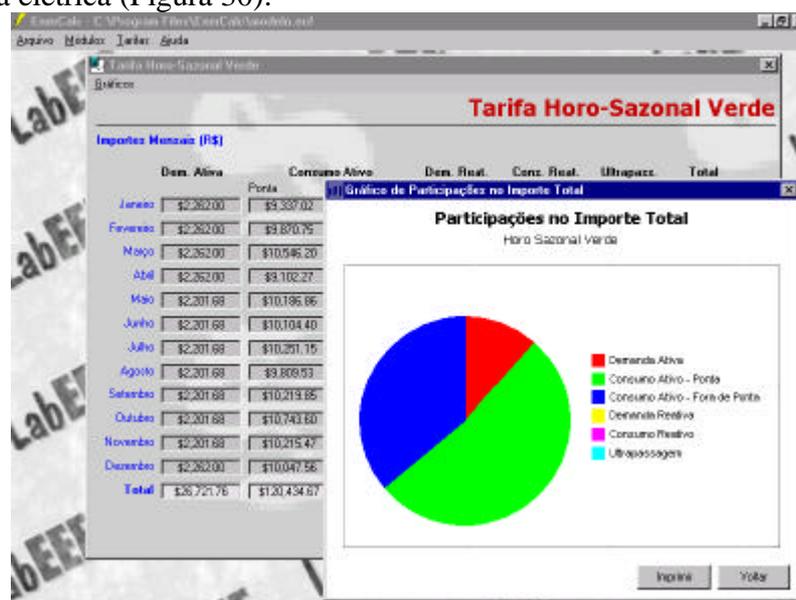


Figura 30 - Gráfico anual de demanda e consumo ativos e reativos.

O opção Resumo apresenta os dados das tarifas calculadas (Demandas e Consumos Ativos e Valores Totais Anuais), bem como as maiores demandas registradas, facilitando a escolha da tarifação mais apropriada (Figura 31).



**Figura 31 - Resultados calculados.**

O EnerCalc também oferece um módulo a respeito da legislação que envolve a tarifação de energia elétrica do grupo A, regulamentada através de portarias da ANEEL/DNAEE.

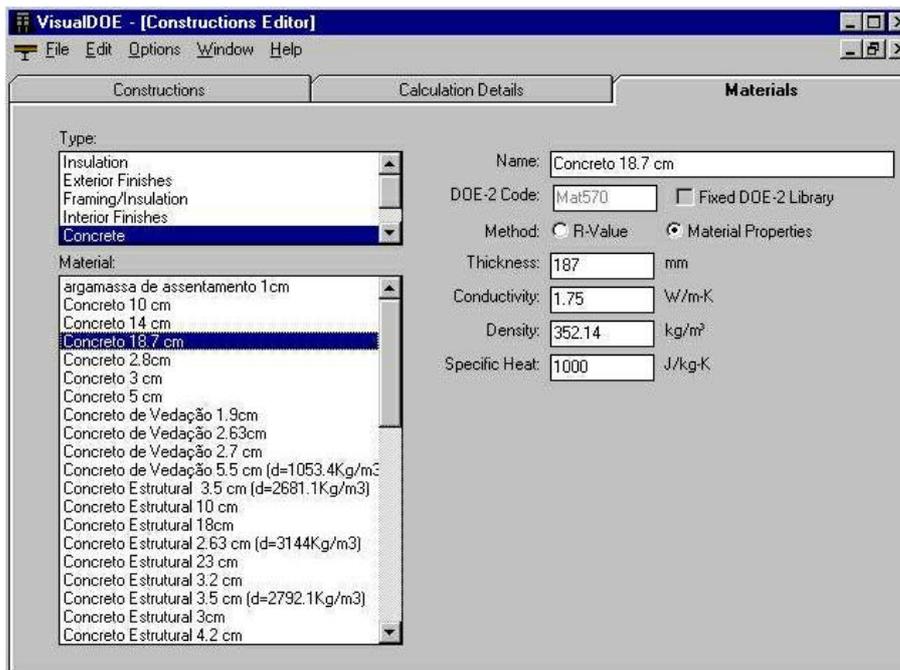
Atualmente o EnerCalc está disponível para os sistemas operacionais Microsoft Windows 95 e Windows NT 4.0. Maiores informações podem ser obtidas através do e-mail [grudtner@labeee.ufsc.br](mailto:grudtner@labeee.ufsc.br).

## 7.EDITOR DE MATERIAIS CONSTRUTIVOS

O editor de materiais de construção é um módulo especial para rever e modificar as listas de materiais existentes na biblioteca. Para ativá-la escolha *Window/Constructions Builder* a partir do menu principal.

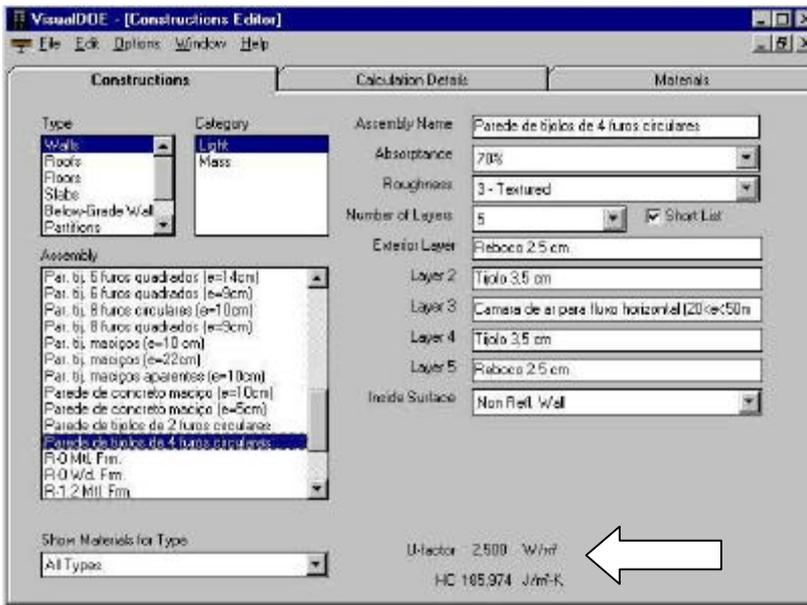
O procedimento de caracterização se baseia em dois *folders* principais, um à direita que caracteriza o material e outro à esquerda que define a construção composta por uma ou mais materiais. O *folder* do meio calcula as características termofísicas para a construção selecionada no *folder* da direita.

O *folder MATERIALS* (Figura 32) tem sua esquerda ao alto as categorias de materiais construtivos, como concreto, materiais de acabamento de interior, os isolantes, entre outros. Para tipo marcado há uma lista imediatamente embaixo com todos os materiais disponíveis. Ao selecionar um dos materiais aparece à direita seu nome, identificação e características termofísicas obtidas por medição e consulta a bibliografia pertinente. Os materiais são passíveis de mudança bastando marcá-lo. Para adicionar novos materiais é necessário marcar um existente, ir para Edit |Add New e entrar com dados de espessura, condutividade térmica, densidade e calor específico.



**Figura 32 – Folder MATERIALS.**

Como as construções são compostas por camadas de materiais (especificados no *folder MATERIALS*) é necessário especificá-los ordenadamente. Ao acessar o *folder CONSTRUCTIONS* (Figura 33) é necessário selecionar um tipo ao alto e à esquerda, como paredes, coberturas, pisos e outros, e sua categoria ao lado: leve ou pesada. As várias construções aparecem no canto inferior esquerdo tal que ao selecioná-la aparece sua composição no lado direito do *folder*. As características são nome, absorvidade externa, rugosidade, número de camadas, material voltado para o exterior e as sucessivas camadas até atingir a parede interna. O fator de transmitância térmica (descontado a resistência térmica externa) aparece na parte central e inferior do *folder CONSTRUCTIONS*, apontado por seta na Figura 33.



**Figura 33 – Folder CONSTRUCTIONS.**

Para averiguar as características da construção é necessário acessar o folder do meio, o CALCULATION DETAILS (Figura 34). Nesse aparece as características de cada camada, suas resistências térmicas e a resistência térmica de convecção interna.

Description	R-value m²·K/W	Thickness mm	Conductivity W/m·K	Density kg/m³	Specific Heat J/kg·K
Reboco 2.5 cm	0.02	25.00	1.15	2000	1000.00
Tijolo 3.5 cm	0.04	35.00	0.30	1325	920.00
Camara de ar para fluxo horizontal (20x50cm)	0.18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tijolo 3.5 cm	0.04	35.00	0.30	1325	920.00
Reboco 2.5 cm	0.02	25.00	1.15	2000	1000.00
Inside Rtn Resistance	0.12				

**Figura 34 – Folder CALCULATION DETAILS.**

## 7.1. Materiais do VisualDOE

Com o objetivo de servir de apoio na utilização da biblioteca de materiais e componentes do programa VisualDOE, o anexo 1 apresenta transmitâncias e capacidades térmicas de componentes construtivos de uso corrente no Brasil, além das propriedades térmicas dos diferentes materiais utilizados na composição destes componentes. As tabelas fazem parte do texto 5 da proposta de normalização em conforto ambiental (UFSC-FINEP) - Desempenho Térmico de Edificações: Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações Unifamiliares, elaborada por LAMBERTS e GHISI (1996) e atualmente em discussão.

## 8.EDITOR DE SCHEDULES

Considera-se o editor de schedule tão importante como o editor gráfico para edificações com altas cargas térmicas internas, como edifício de escritórios. O editor permite criar *schedules* diárias com 24 horas de uso. As *schedules* diárias podem ser combinadas em *schedules* anuais, ordenada por semanas e temporadas. A reunião de *schedules* para usos distintos formam as ocupações (*occupancies*). O editor também caracteriza os feriados do ano. A abordagem dos quatro *folders* é invertido, segue da direita para esquerda, começando pelo *Folder Holidays*.

### 8.1. Folder Holidays

Esse *folder* (Figura 35) é simples e não tem vínculos com os demais. Sua chamada aparece no primeiro *folder* do Editor Gráfico. Seu objetivo é conter os feriados do ano de 1995 através da alteração dos existentes ou da criação de novos calendários mediante *Edit / Add New*.

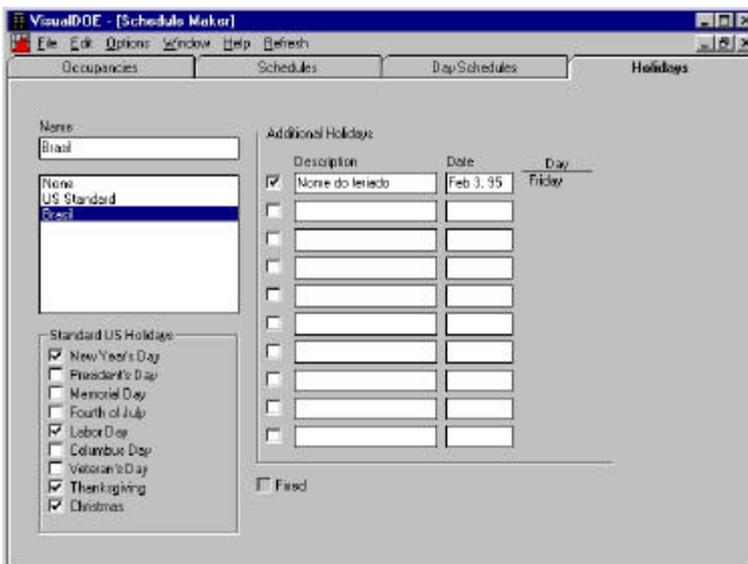


Figura 35 – Folder HOLIDAYS.

Na biblioteca nacional há uma *schedule* com os principais feriados nacionais.

### 8.2. Folder Day Schedules

O editor *Day Schedules* (Figura 36) caracteriza o uso horário para diferentes tipos de ação que ocorre na edificação, classificadas em quatro tipos:

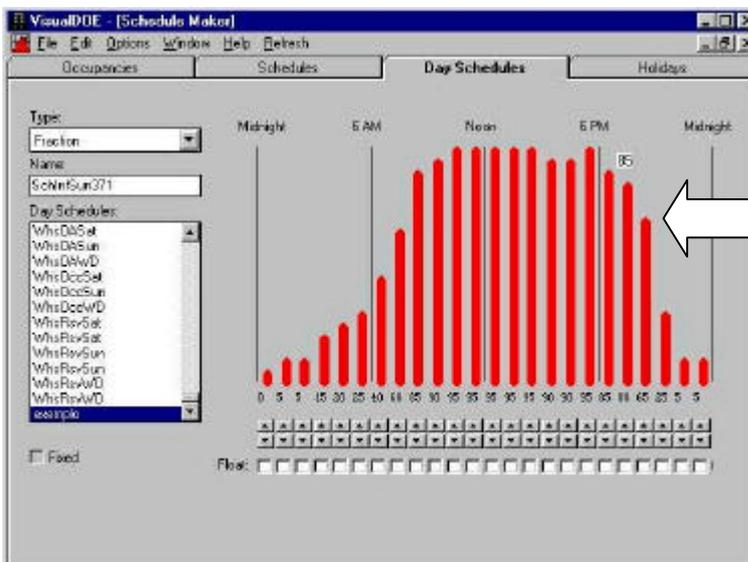
- **Fraction.** Empregado para caracterizar usos como pessoas, iluminação, equipamentos, infiltração, água quente e renovação de ar externo. Os valores atribuídos consistem de percentuais entre 0 e 100% de um valor de referência. Por exemplo, se o valor de densidade de iluminação atribuída no *folder Zone* (do editor gráfico) é 30 W/m<sup>2</sup> e entre 10:00 e 11:00 horas ficam ligadas somente 21 W/m<sup>2</sup>, atribui-se um valor de 70% para o intervalo.
- **On/Off:** empregado para caracterizar ventiladores e significa se o ventilador está ligado ou desligado para a hora que se refere, representado por 0 (desligado) e 1 (ligado). Por exemplo, se o ventilador liga às 7:00 horas e desliga às 18:00, a *schedule*

será 0 de 1:00 até 7:00, será valor 1 de 8:00 até às 18:00 horas, e novamente 0 de 19:00 até 24:00 horas.

- **Temperature.** Da mesma forma que as demais, esse tipo caracteriza as temperaturas de *setpoint* para cada hora, em °C. Sugere-se que nos períodos de ocupação sejam colocados os valores de *setpoint*, e nos demais horários sejam declarados o máximo valor de escala para o resfriamento e o mínimo da escala para os aquecimento. Essa medida evita que o sistema entre nos períodos sem uso.
- **Time Period:** caracteriza funcionamento de termoacumulação, entre outros.

A forma básica de atribuir os valores consistem em alterar uma *schedule* existente ou construir um nova com o procedimento *Edit / Add New*. O primeiro valor é da 1:00 hora e corresponde à média do que acontece entre 0:00 e 1:00, e assim por diante.

Há também a alternativa para os tipos *On/off* e *fraction* que funcionam sob uma condição especial chamada *FLOAT*. Quando acionado (embaixo das barras) o valor deixa de ser declarado e passa a depender de cálculos do DOE-2 e em outras informações.



**Figura 36 – Folder DAY SCHEDULE.**

Para marcar os valores, basta passear com mouse e com a tecla esquerda acionada sobre os campos de valores indicados pela seta da Figura 36.

### 8.3. Folder Schedules

Uma *schedule* é um grupo de de schedules diárias que descrevem um funcionamento da edificação. Por exemplo, o modelamento do acionamento de luminárias durante o ano pode ser composta por schedules diárias para dias úteis, para sábados, para domingos e fim-de-semana, sendo que para os períodos de horário de verão pode ser criado uma temporada especial para representá-la. Ao final cada schedule representará 8.760 horas.

Da mesma forma que as schedules diárias, as schedules também devem ser do tipo *Fraction*, *On/Off*, *Temperature* ou *Time Period*, e *Number of Seasons*.

Para definir uma schedule, devem ser definidos:

- **type** (no canto ao alto à direita): se é do tipo *Fraction*, *On/Off*, *Temperature* ou *Time Period*
- **days:** define quais são os dias singulares, isto é, se todos os dias apresentam o mesmo comportamento (opção *ALL*) até mesmo se cada dia é diferente (*Mon, Tue,... Hol*);

- **End Date:** define a data final de cada temporada selecionado no quadro imediatamente abaixo.

O processo de caracterização de schedules consiste nos seguintes passos:

- escolha uma das opções de schedules diárias apresentadas no canto inferior esquerdo tal que apareça seu gráfico imediatamente ao alto;
- arraste o gráfico com o mouse para o espaço em branco (no centro) correspondente ao dia que se quer caracterizar (Figura 37);
- repita o procedimento até que todos os dias sejam caracterizados.

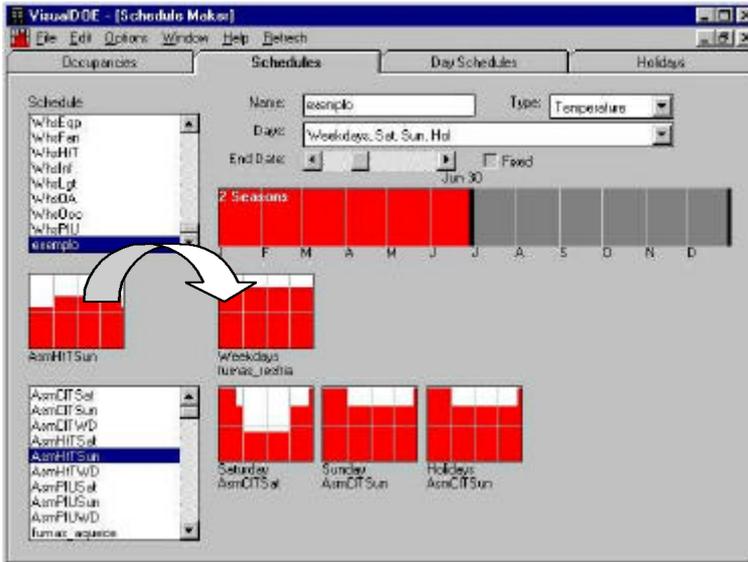


Figura 37 – Folder SCHEDULE.

## 8.4. Folder Occupancies

As Occupancies ou formas de ocupação são compostas por diversas schedules estabelecidas na parte direita do folder (Figura 38). Cabe ao usuário identificar a schedule conveniente para cada caso.

Na parte inferior direita estão variáveis menos relevantes que são usadas para auxiliar o programa no cálculo de dimensionamento do sistema de ar condicionado.

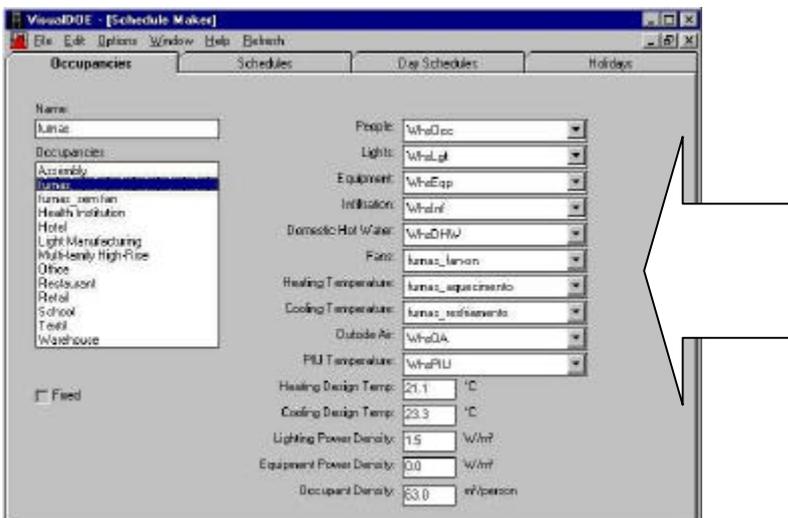


Figura 38 – Folder OCCUPANCIES.

## 9.EDITOR DE ABERTURAS



O editor de aberturas (Figura 39) é ativado escolhendo *Window/Fenestrations Editor* a partir do menu principal. Seu uso é limitado porque somente permite analisar as características de cada abertura, fazer uma cópia de uma abertura existente ou renomear a abertura.

Para criar uma abertura com características diferentes é necessário importar um arquivo com suas características criada noutro programa, o Window 4.1 DOE-2.

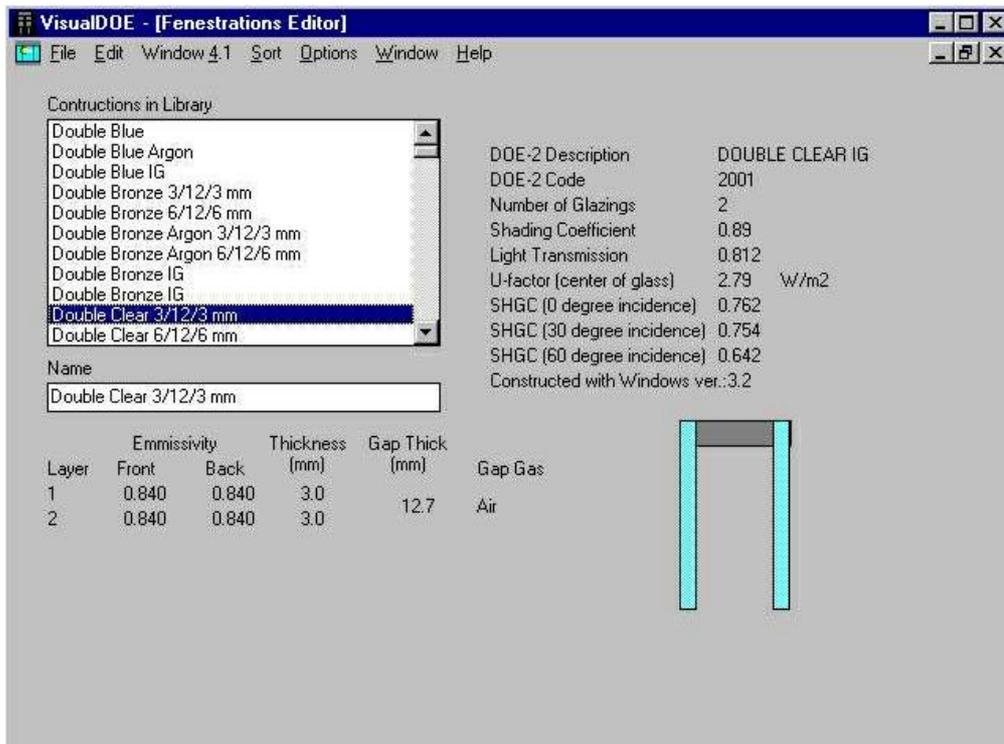


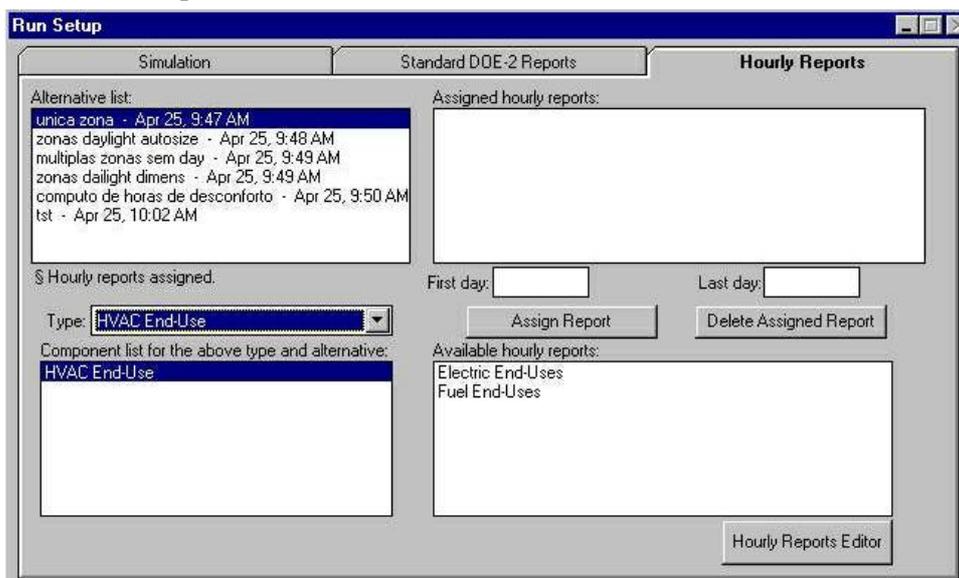
Figura 39 – Editor de aberturas.

## 10.EDITOR DE RELATÓRIOS HORÁRIOS

Uma grande potencialidade do VisualDOE é a geração de relatórios horários que expressam a performance de determinados elementos. Entre as quase mil opções destacam-se os seguintes tipos:

- cargas térmicas divididas em fontes (radiação, convecção, condução e geração interna) para cada face, piso, cobertura e zona, calculados no *LOADS*;
- temperaturas das zonas e dados de performance do sistema secundário de ar condicionado, calculados no *SYSTEMS*;
- cargas de consumo de energia por uso final, capacidade de resfriamento demandada, atendida e disponível no sistema primário, calculado no *PLANT*;
- performance dos equipamentos.

Para solicitar a geração dos relatórios é necessário que ao executar a simulação o usuário escolha os grupos de variáveis no *folder* da extrema direita (Figura 40). Nesse folder se escolhe o tipo (no canto esquerdo), sendo que quando a variável for disponível para as zonas, essas aparecem abaixo. No canto da direita aparecem os grupos de variáveis disponíveis para o item selecionado, que são criados no editor de relatórios horários (*HOURLY REPORTS EDITOR*).



**Figura 40 – Folder Hourly Reports do Run Setup.**

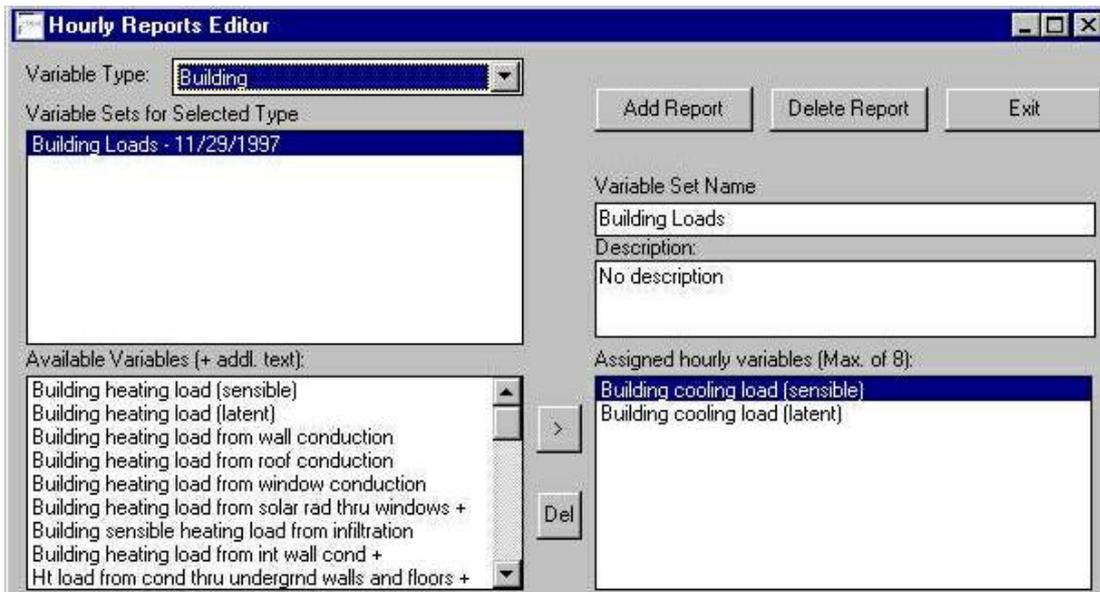
As categorias de variáveis são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3 – Categorias de relatórios.**

LOADS	SYSTEM	PLANT	EQUIPMENT
Loads, Global Building Loads, End Uses Loads, Zones*	System, Global System, End Uses System+ System, Zones*	Plant, Global Plant Plant, End Uses	Domestic hot water Tower for water loop heat pump Boiler for water loop heat pump Boiler for water loop heat pump Water loop for heat pump Tower Electric Chiller Cold Thermal Energy Storage Direct fired absorption chiller Fuel boiler Electric boiler

No editor de relatórios horários são definidos os grupos de variáveis, uma vez que as variáveis já existem e somente precisam ser escolhidas. Esses grupos são salvos na biblioteca e usado posteriormente na execução (*Run/Setup*)

Para acessar um grupo é necessário selecionar um dado tipo no alto e à esquerda (Figura 41) tal que apareça no canto inferior esquerdo as diferentes variáveis disponíveis. Para alterar um grupo existente escolha um entre as opções que aparece no quadro ao alto e à esquerda sendo que suas variáveis aparece no quadro no canto direito. Para adicionar mais alguma variável basta marcar uma das opções do canto esquerdo e clicar sobre o botão com uma flecha. Para deletar uma das variáveis basta marcar uma entre as existentes do canto direito e clicar sobre o botão *DEL*. Caso deseje criar um novo grupo, clique sobre o botão *ADD REPORT* na parte superior do quadro executar os mesmos procedimentos anteriores para editar o grupo.

**Figura 41 – Editor Hourly Reports.**

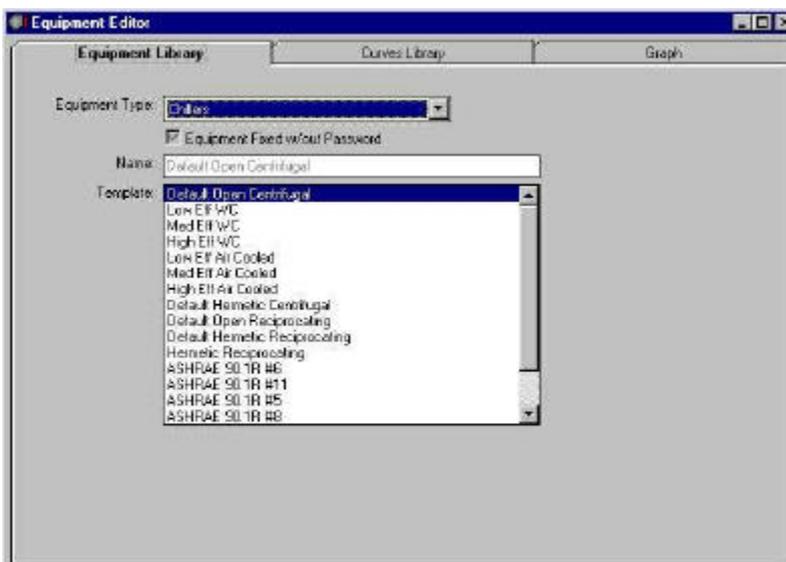
## 11.EDITOR DE EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO

Esse editor é empregado para adicionar, apagar e modificar as características dos elementos inerentes ao sistema de condicionamento de ar identificados por *TEMPLATES*, contidos na biblioteca. Os *templates* são classificados nos seguintes tipos:

- **chillers:** são os resfriadores de líquido;
- **boilers:** caldeiras para aquecimento de água;
- **cooling towers:** torres de arrefecimento;
- **circulation pumps:** bombas de circulação de água;
- **water heaters:** aquecedores de água;
- **DX cooling systems:** são os ar condicionados de expansão direta como ar condicionado de janela, splits e self-contained;
- **cooling coils:** serpentinas de resfriamento;
- **furnaces, heat pumps e heating coils:** aquecedores de ar.

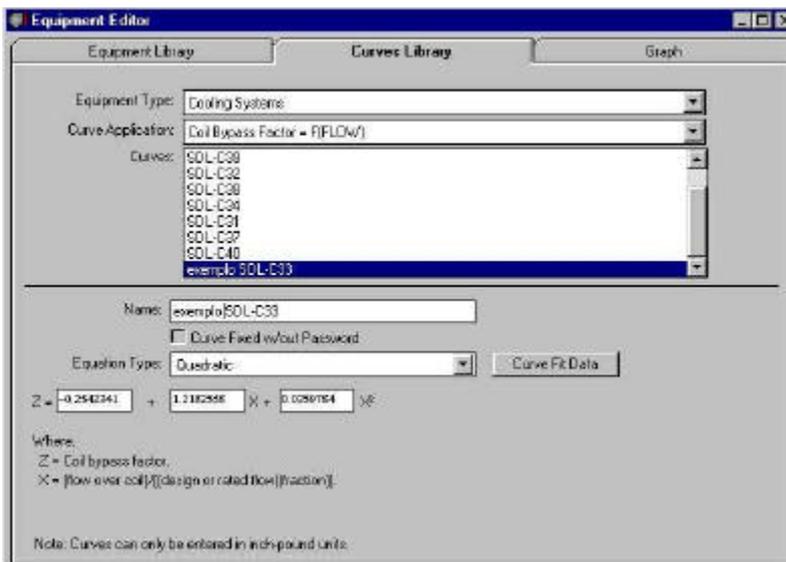
Para modificar um template existente é necessário acessar o primeiro *folder Equipment Library* (Figura 42) e escolher o tipo de equipamento ao alto à esquerda e identificar o *template* no quadro central. Dê dois cliques sobre o template selecionado para acessar as características como EER, tamanho e curvas do equipamento.

Para adicionar um novo template deve ser escolhido um previamente e proceder *Edit / Copy “element ...”* e modificar as características como quiser.



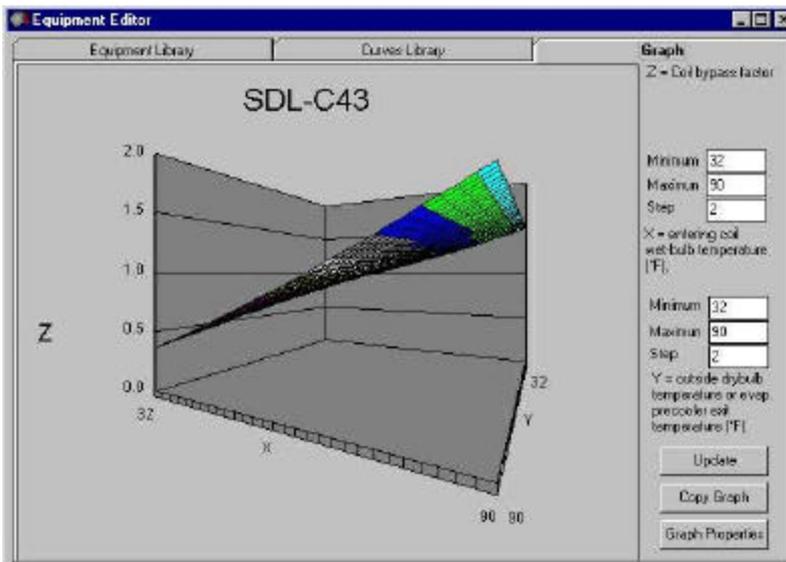
**Figura 42 – Folder EQUIPMENT LIBRARY.**

Para editar as curvas de elementos do ar condicionado é necessário acessar o *folder* do meio, o *CURVES LIBRARY* (Figura 43). Escolha o tipo de equipamento na primeira opção, o tipo da curva na segunda opção e o nome da curva na terceira. Os coeficientes da equação aparecem embaixo e podem ser passíveis de mudança. Para criar uma nova curva também é necessário escolher uma curva e proceder *Edit / Copy “curve ...”*.



**Figura 43 – Folder CURVES LIBRARY.**

No terceiro folder é possível visualizar o gráfico correspondente à curva marcada no *folder CURVES LIBRARY*, conforme Figura 44. Para editar o gráfico basta levar o *mouse* sobre o gráfico e clicar o botão direito.



**Figura 44 – Folder GRAPH.**

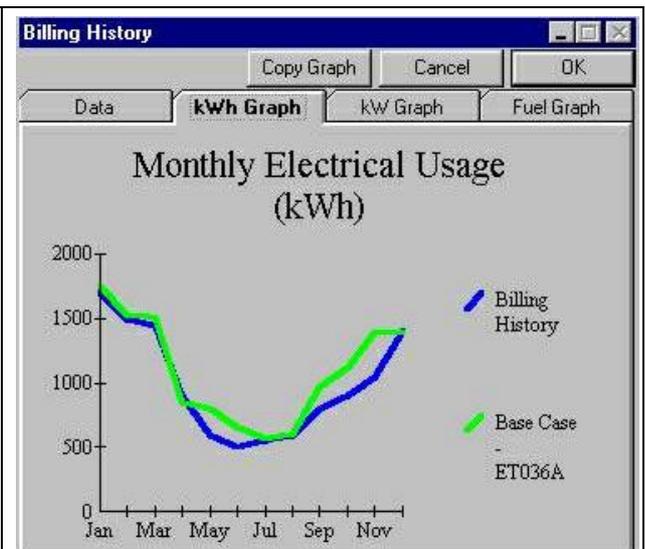
## 12.HISTÓRICO DE CONSUMO (BILLING RATE)

Para auxiliar a fase de modelamento de uma edificação existente o programa permite entrar com os históricos de consumos e demandas de energia mensais de um ano. Esse recurso atua como um parâmetro de referência para avaliar a fidelidade do modelo para com o caso real. Para acessar o *BILLING RATE* vá para *Edit / Billing Rate*.

A primeira coluna comporta os dados mensais de consumo de energia elétrica em kWh/mês (Figura 45). Na segunda coluna aparece a demanda máxima mensal registrada em kW. Ao entrar com as informações é possível comparar a performance real com a simulada, tal como o gráfico da Figura 46.

Data	kWh Graph	kW Graph	Fuel Graph
	kWh	kW	Therms
January	1700	0	0
February	1500	0	0
March	1450	0	0
April	900	0	0
May	600	0	0
June	500	0	0
July	560	0	0
August	600	0	0
September	800	0	0
October	900	0	0
November	1050	0	0
December	1400	0	0

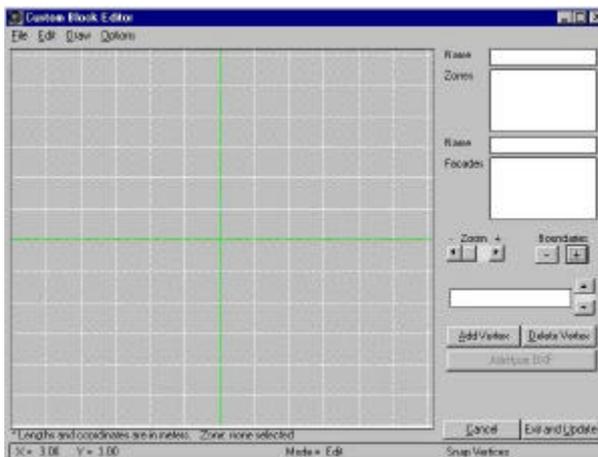
**Figura 45 – Exemplo de entrada de histórico de consumo e demanda.**



**Figura 46 – Comparação entre consumo real e simulado.**

## 13.MODELAMENTO DA GEOMETRIA ATRAVÉS DE CAD

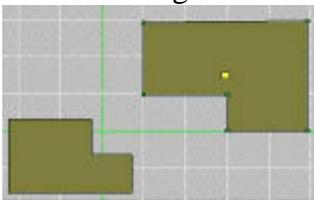
Para criar um bloco no CAD do VisualDOE ou importar um arquivo do tipo DXF criado previamente no AutoCad, arraste o ícone da extrema direita para o quadrado do canto esquerdo que abrirá um novo editor: o *Custom Block Editor* (Figura 47). A partir desse editor o usuário tem as opções de construir um desenho usando seus recursos, importar um arquivo “DXF” criado em AUTOCAD, ou ainda importar o arquivo DXF e retocá-lo no CAD do VisualDOE, conforme abordagens a seguir.



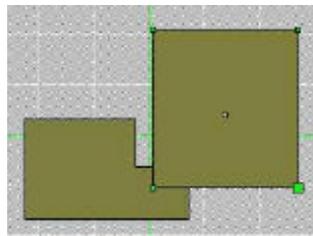
**Figura 47 – Custom Block Editor.**

Para desenvolver um desenho a partir do CAD do VisualDOE ou do AutoCAD, é necessário que o usuário esteja consciente das limitações do programa:

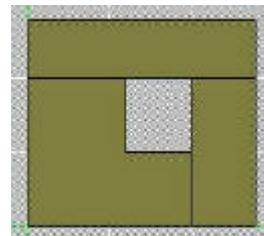
- as áreas desenhadas devem estar conectadas entre si, ou seja, não é possível desenhar duas áreas afastadas entre si (Figura 48);
- as áreas não podem ser sobrepostas, isto é, uma zona não pode ficar sobre a outra (Figura 49);
- não é possível cercar uma área externa (Figura 50), sendo que a alternativa é criar uma passagem do centro cercado para o exterior, conforme o canal indicado pela seta da Figura 51.



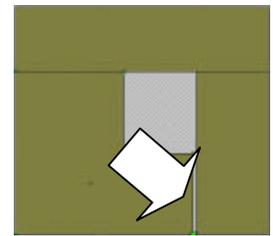
**Figura 48 – Zonas separadas.**



**Figura 49 – Zonas sobrepostas.**



**Figura 50 – Enclausuramento de zona externa.**



**Figura 51 – Alternativa ao Enclausuramento de zona externa.**

Caso uma destas restrições não sejam respeitadas, aparece um aviso igual ao da Figura 52.



**Figura 52 – Aviso do editor para situações em que uma das três regras não forem respeitadas.**

O programa também apresenta as seguintes restrições:

- um bloco pode ter no máximo 15 zonas;
- cada zona pode ter no máximo 35 vértices;
- bloco pode ter no máximo 35 faces.

### 13.1. CAD do VisualDOE

Os procedimentos básicos são listados em ordem a seguir.

- 1) Definição do *SNAP*: o *SNAP* é uma função com três opções que permite que os vértices sejam atraídos pelo GRID (ou rede, também definida pelo usuário), pelos demais vértices e pelas linhas construídas. Esse comando é essencial para as áreas desenhadas estejam sempre unidas.
- 2) Selecione *Edit/Add Zone* no menu superior. Uma zona será adicionada ao bloco e o nome de default será 1Zone1 ou similar, que poderá ser editada mais tarde.
- 3) Mova o mouse para a posição no desenho e clique sobre onde se deseja instalar um vértice. Para ampliar os limites da área de desenho, clique sobre o botão + em *BOUDARIES*. Para aproximar a área que receberá o desenho, aplique sobre o botão + da função *ZOOM* à direita.
- 4) Continue movendo o mouse, clicando aonde desejar os vértices. Para fechar o polígono, basta clicar com o botão direito após a definição do último vértice. Na base da área de desenho aparece informações do que ocorre, das coordenadas dos vértices, comprimento e azimute das linhas de fachadas.
- 5) Caso não tenha a devida precisão com o mouse, os vértices podem ser declarados no espaço à direita, tomando o cuidado de separar casas decimais por ponto (.) e as coordenadas X e Y por vírgula (,).
- 6) Da mesma forma, as coordenadas de cada vértice podem ser corrigidas após a conclusão da zona. Basta levar o mouse sobre o vértice e clicando com o botão direito do mouse, leva-lo aonde se deseja. Ou ainda, levar o mouse sobre o vértice até que este se destaque dos demais e entrar com as coordenadas X e Y.
- 7) O ponto amarelo que fica sobre o baricentro da figura é o sensor de iluminação natural, empregado para cálculos de aproveitamento da luz do sol, abordado no folder *PROJECTS*. Para recolocá-lo, leve o mouse sobre o ponto e clicando no botão direito, arraste-o para o ponto desejado.

### 13.2. Emprego do AUTOCAD

O AutoCAD é uma ferramenta mais eficiente para os trabalhos mais complexos e detalhados porque permite derivar blocos e zonas de plantas existentes e sobretudo gravá-las isoladamente, haja visto que não é possível copiar um único bloco do CAD do VisualDOE e

aproveitá-lo nos demais blocos. Entretanto o VisualDOE reconhece somente os polígonos desenhados em AUTOCAD, ignorando linhas e demais elementos. O processo de modelamento inclui duas etapas: a preparação do arquivo e sua importação. Como foge ao escopo ensinar o uso do AutoCAD, são apresentadas sugestões para agilizar o processo de criação do arquivo:

- 1) O VisualDOE somente reconhece polígonos, classificados segundo os “*LAYERS*” do AUTOCAD. Dessa forma, aconselha-se que o usuário aproveite uma prancha com a planta baixa de um dado pavimento para criar sua própria interpretação das repartições internas e da geometria externa, haja visto que é necessário simplificar ao máximo para atender os limites de zonas e vértices. Logo, aconselha-se a criação de um *LAYER* específico para os polígonos de cada bloco que desejar importar, desenhando sobre os traços existentes e criando suas próprias separações internas.
- 2) Para garantir a união das zonas, aconselha-se o uso da função *SNAP* também no AutoCAD.
- 3) As imagens devem exportadas no formato DXF (ascii drawing exchange format) em versão igual ou inferior ao AutoCAD 12.

Para importar imagens do AutoCAD siga a rotina:

- 1) Abra o arquivo escolhendo *File/Open DXF File* no menu superior. Ao escolher o arquivo, aparece no canto direito inferior uma lista de *LAYERS* pertinentes ao arquivo.
- 2) Clique sobre o *LAYER* que contém os polígonos que deseja.
- 3) Ao executar essa função, aparece um diálogo que pede sua confirmação para as dimensões do polígono. Como freqüentemente o programa assume *default 1/12* sobre as dimensões, aperte sobre o botão *NO* e corrija o fator de escala de 1 para 1/12. Você também pode usar a opção *Options/DXF Scale*.
- 4) No quadro inferior no canto direito aparece os polígonos correspondentes ao *LAYER*. Ao clicar sobre um deles, aparece na área da figura um esboço de sua imagem. Para acrescentá-lo ao bloco, clique sobre o botão *ADD TO MODEL*. Acresceste-os sucessivamente respeitando as restrições apresentadas anteriormente, haja visto que o VisualDOE checa as regras de restrições a cada zona adicionada.
- 5) Ao final da composição que poderá misturar mais de um *LAYER*, clique sobre o botão *EDIT MODE* para acessar a área de CAD do VisualDOE para corrigir ou simplesmente para voltar ao *folder BLOCKS*, clicando sobre o botão *EXIT and UPDATE*.

## 14.VISUALDOE: RECOMENDAÇÕES PARA INSTALAÇÃO

### 14.1. Instalação Oficial

A instalação da versão oficial, a 2.60, é bastante simples, basta executar o *setup* do *disk 1* no ambiente *windows*. Entre as recomendações, é imprescindível que o *windows* esteja configurado para interpretar separação de casa decimal através de um ponto (.), e a separação de milhares através de vírgulas (,). Entretanto, é aconselhável que a configuração em geral se aproxime às do padrão americano, para qual foi criado o programa.

### 14.2. Updates

Aconselha-se que seja feito o *update* da versão 2.50 para 2.60 diretamente, a partir do arquivo *updtxe.exe*, disponível na site do Eley ([www.eley.com](http://www.eley.com)). O procedimento consiste em copiar o arquivo *udptxe.exe* num diretório temporário (sugere o diretório *c:\vistemp\*) e executá-lo (clique duas vezes sobre o arquivo, no aplicativo *explorer*) para que se expanda e gere o arquivo *setup*. Execute o arquivo *setup* que automaticamente aparece uma janela com a atualização do programa).

### 14.3. Reconhecimento de arquivo climático

De posse do arquivo climático *fpolis.bin*, copie-o no subdiretório *weather* do diretório *Visdoe2*.

Após abrir o programa *VisualDOE*, vá para o "*climate editor*", faça que o programa o reconheça através dos comandos *Edi/ Add new*.

Nomeie o arquivo (*climate name*), clique o botão "*select weather file*" e especifique o caminho do arquivo *Floptry.bin*. Basta sair deste folder (não há opção de salvar) que o *VisualDOE* reconhecerá o arquivo.

### 14.4. Instalação da biblioteca nacional

Durante as primeiras aproximações com o programa, o usuário pode alterar algumas características da biblioteca original. Logo, aconselha-se que o usuário faça uma cópia da biblioteca original (*Visdoe2.lib*) e da biblioteca nacional (*brasil.lib*) e coloque-as noutra subdiretório (ex: *c:\visdoe2\libs\_back*)

Para usar a biblioteca nacional, basta copiá-la para o diretório principal do programa (*c:\visdoe2\*).

Como o *VisualDOE* têm por *default* o emprego da biblioteca original, sempre que se inicia um novo projeto o programa te interrogará se a quer usar. Para evitar esse inconveniente, renomeie o arquivo da biblioteca nacional como o nome da original, a *visdoe2.lib*.

### 14.5. ENDEREÇOS ÚTEIS

- <http://www.labeee.ufsc.br>
- <http://www.labeee.ufsc.br/utilidades/u-principal.html>
- [www.npc.ufsc.br/](http://www.npc.ufsc.br/)
- <http://www.eley.com/>

## 15.SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Os sistemas de condicionamento de ar podem apresentar dois outros subsistemas interconectados, que são os sistemas primário e o secundário. O sistema secundário é responsável direto pelo condicionamento da(s) zona(s). Pode ser instalado diretamente no local conforme a exemplificação da Figura 53, ou próximo à zona, sendo que neste último caso emprega-se rede de dutos de ar. Os sistemas básicos secundários são do tipo zona única ou múltiplas zonas. Pode ser projetado para fornecer ar a volume constante ou volume variável. O condicionador de ar é freqüentemente instalado fora da área climatizada, podendo estar adjacente ao sistema primário ou a consideráveis distâncias. (ASHRAE 1996, *HVAC Systems and Equipment*, 1.3)

O sistema primário tem a função de suprir o sistema secundário com água quente para aquecer as zonas e água gelada para resfriá-las. A água quente pode ser produzida por caldeiras, enquanto a água gelada é obtida por resfriadores de líquidos (chamados de chillers). Conforme a Figura 53, a ligação entre os sistemas primário e secundário é feita através de tubulação que pode conduzir líquidos refrigerantes, água gelada ou água quente. O resfriamento é feito através da água fria que entra no climatizador, aumentando sua temperatura. A água volta para o resfriador que, através do ciclo de refrigeração, retira o calor da água gelada e transfere para uma segunda rede de água, a de condensação. Este circuito faz que a água que sai do resfriador levemente aquecida abaixe sua temperatura mediante contato com o ar. O contato é otimizado através da torre de arrefecimento, que à medida que produz o gotejamento da água que cai da parte mais alta, produz uma corrente de ar com ventiladores, cruzando os fluxos. A água arrefecida cai no reservatório da torre e retorna para o resfriador.

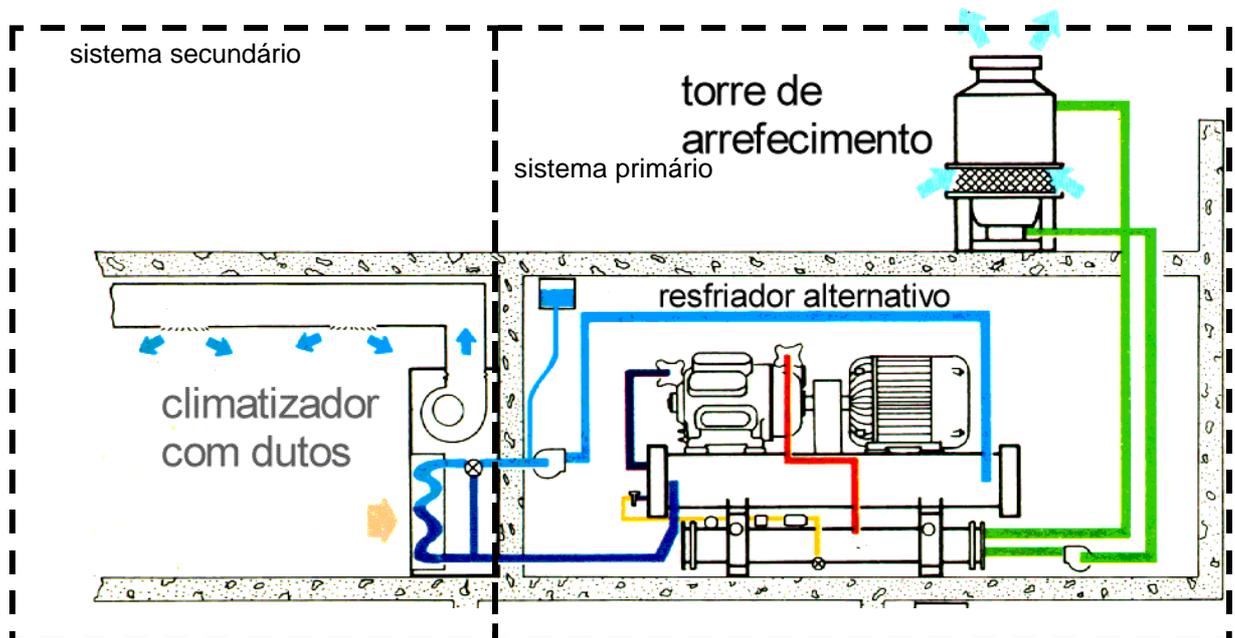


Figura 53 – Sistema de climatização artificial com sistema primário e secundário.

## 16.EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR

O objetivo de um refrigerador é retirar calor de um ambiente mediante a execução de um dado trabalho e, baseado na relação entre a energia retirada do ambiente e na energia consumida pelo equipamento que realiza essa tarefa, foram criados diversos índices de eficiência para avaliar a performance dos resfriadores.

As primeiras citações de eficiências pertinentes ao ciclo de resfriamento deste trabalho aponta para 1981, para a norma 210 da Air-Conditioning & Refrigeration Institute (ARI), específico para unidades de condicionamento de ar, compostas por condensador, evaporador, compressor, com opções de alternativas de aquecimento, e com capacidades de refrigeração inferiores a 135.000 Btu/h (equivalente 39,5 kW, ou 11,25 TR). Nesta norma é apresentado o índice mais freqüente em literatura, a razão de eficiência energética ou **EER**, que corresponde a capacidade de resfriamento dividida pelo consumo do equipamento. Sua unidade é kW/kW para o S.I. e (BTU/h)/kW para o Sistema Inglês, ambos empregados no DOE e no VisualDOE. As condições padrões para a determinação do EER nominal são:

- temperatura de entrada do evaporador: TBS = 26,7°C; TBU=19,4°C;
- temperaturas de entrada do condensador para unidades com condensação a ar: TBS=35,0°C; TBU=23,9°C;
- temperaturas para unidades com condensação a água: entrada de água do condensador com 29,5°C e saída com 35°C.

As condições de determinação de capacidade de resfriamento são descritas na ASHRAE 37-1988, Standards Methods of Testing for Rating Unitary Air-Conditioning and Heat Pump Equipment.

Ainda em **1996**, **ASHRAE Systems and Equipment Handbook** retifica a unidade de eficiência de condicionadores de ar, dada pela capacidade de resfriamento dividida pelo consumo de energia, que deve ser apresentada em **watt/watt**, tanto para **EER** como para **COP**.

A caracterização de eficiência de compressores é citado na 1996 ASHRAE Systems and Equipment Handbook, que apresenta duas formas para estimá-la.

- 1) Coeficiente de performance (COP), que inclui a combinação da eficiência do motor e do compressor. O **COP** do hermético é a razão entre a capacidade de refrigeração (watt) e a potência consumida pelo motor (watt), enquanto o COP para compressores do tipo semi-hermético corresponde à capacidade de refrigeração dividida pela potência de entrada pelo eixo do compressor.
- 2) Potência requerida para uma unidade de refrigeração (W/W), que é a medida da performance que é usada para comparar diferentes compressores a uma mesma condição de operação.

Atualmente os fabricantes tradicionais de resfriadores têm apresentado quatro índices de performance: performance à carga total (COP ou EER) às condições de normas; performance a carga total sob especificações do usuário; carga parcial integrada (integrated part-load value ou IPLV); e carga parcial com valores de aplicações (application part-load value ou APLV). As cargas parciais e os índices nominais são definidos na ARI Standards 550-1992 (centrifugal and rotary screw machines) and 590-1992 (reciprocating scroll machines). Como a avaliação de resfriadores e eficiência variam como função de uma carga de operação e condições de condensador (temperaturas e fluxos de água), é possível que a norma não represente a performance de um equipamento real de campo (<http://www.pge.com/pec/tooltoc/chill.html>).

## 17.MODELAMENTO DE CONDICIONADORES DE AR

São apresentados a seguir os principais sistemas de condicionamento de ar, com suas respectivas eficiências e a forma de modelamento adotada nos programas DOE-2 e VisualDOE.

### 17.1. Condicionado de ar de janela (Room Air Conditioners)

Os condicionadores de ar de janela (Figura 54) são instalações locais, de expansão direta e condensação a ar, com capacidade de refrigeração entre 2.080,3 W ( $\cong 7.100$  Btu/h, 0,59 TR) a 8.790,0 W ( $\cong 30.019$  Btu/h, 2,5 TR). Frequentemente apresentam a possibilidade de trabalhar como bomba de calor. Suas principais vantagens são a facilidade de instalação e manutenção, controle específico para uma determinada zona, não ocupa espaço interno, robustez, e baixo custo de aquisição. Porém, apresentam pequena capacidade de refrigeração, alto nível de ruído, baixa eficiência, não permitem dutagem do ar e precisam ser instalados em paredes externas com comprometimento de fachada de edificações. Os principais elementos estão visíveis na Figura 55: o trocador de calor da esquerda é o condensador que fica voltado para a rua; o compressor fica localizado no mesmo circuito de ar do condensador, e é o elemento mais visível (se assemelha a um bujão); e há o evaporador noutro circuito de ar que não se mistura com o ar externo. No centro do condicionador há um motor elétrico que aciona dois ventiladores: um para o evaporador e outro para o condicionador.



**Figura 54 – Condicionador de ar de janela (gentileza da Springer Carrier).**



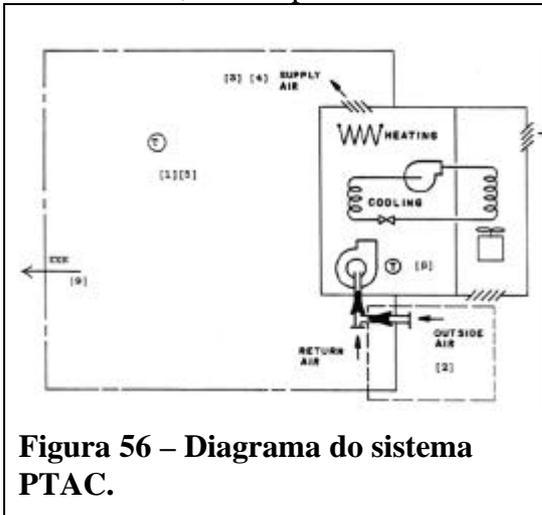
**Figura 55 – Detalhe dos elementos do condicionador de ar.**

Seus compressores mais usados são o tipo alternativo e o tipo rotativo, sendo este mais eficiente que o anterior. A eficiência dos principais condicionadores de ar são apresentados no anexo 2.

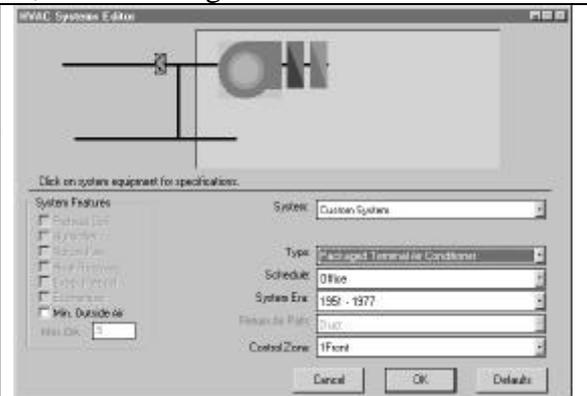
#### 17.1.1.MODELAMENTO

O sistema do condicionador de ar de janela tem características que se identifica com o conceito americano PTAC (Package Terminal Air Conditioner), reconhecido pelo Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI), e que também é empregado em programas de simulação como o DOE-2. O diagrama de um sistema do tipo PTAC é apresentado na Figura 56, e é composto de uma única unidade que compreende todo o ciclo de resfriamento de ar, renovação de ar, e aquecimento por resistências elétricas como opcional, projetadas para descarga direta nos ambientes, sem rede de dutos. Foram criadas inicialmente para representar instalações locais através de paredes, usadas nos comércios, hotéis, apartamentos, hospitais e edifícios de escritórios. Esse sistema é modelado integralmente com sistema secundário de condicionamento

de ar (não há elementos do sistema primário); basta descrever as características das serpentinas de resfriamento, do compressor e do ventilador, conforme Figura 57.



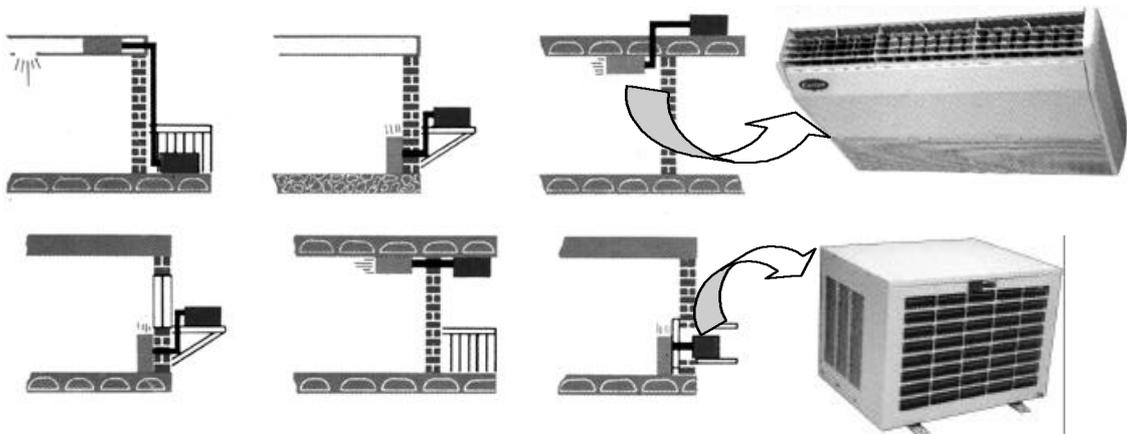
**Figura 56 – Diagrama do sistema PTAC.**



**Figura 57 – Diagrama do PTAC no system do VisualDOE.**

## 17.2. Split Systems

São condicionadores de ar de baixa capacidade divididos em unidades evaporadora (ventilador e evaporador) localizada no ambiente climatizado, e unidade condensadora (ventilador, compressor e condensador), alocada externamente, com múltiplas possibilidades de projeto, à exemplo dos apresentados na Figura 58.



**Figura 58 – Instalações baseadas em split systems.**

Suas principais vantagens são a compatibilidade, instalação e manutenção, flexibilidade de instalação, baixo nível de ruído, automatização dos processos, e opções de ciclo reverso. Por outro lado, seu custo ainda é alto (até 2,5 vezes o custo de um condicionador de ar de janela de mesma capacidade).

A eficiência dos condicionadores split são apresentados no anexo 3.

### 17.2.1. MODELAMENTO

Esse sistema é reconhecido na literatura de programas de simulação como sistemas residenciais ou RESYS, conforme o DOE-2 e o VisualDOE. São caracterizados também pela expansão direta e condensação a ar, conforme diagrama empregado na sua representação na Figura 59. Este sistema também é caracterizado integralmente na área do sistema secundário ou

SYSTEMS, na Figura 60. Este sistema é o único que permite modelar a ventilação natural através de janelas abertas, através do comando NATURAL-VENT-SCH.

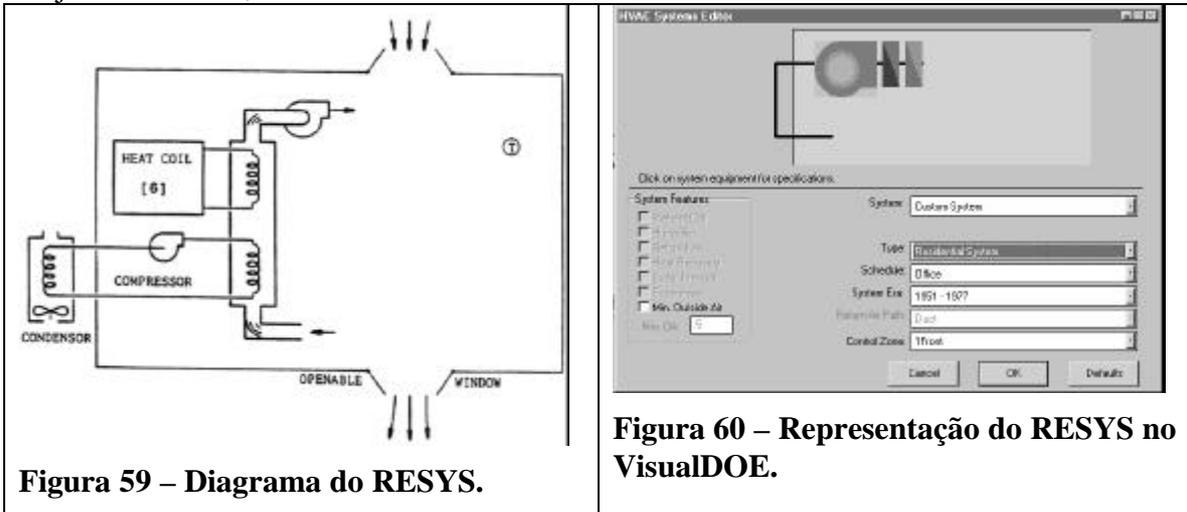


Figura 59 – Diagrama do RESYS.

Figura 60 – Representação do RESYS no VisualDOE.

### 17.3. Condicionadores do tipo self contained e central compacto

São condicionadores de ar compactos que comportam os elementos necessários para o tratamento do ar: filtragem, refrigeração, umidificação, aquecimento, desumidificação, e circulação de ar. São dotados de controles de segurança e automatização do funcionamento. Todo o sistema é caracterizado com secundário, haja visto que não há o sistema primário.

As unidades evaporadoras podem ser instaladas diretamente nos ambientes climatizados mediante a adaptação de uma caixa pleno para orientação da saída do ar, como o da Figura 61, ou podem ser instaladas em casa de máquinas e acoplados a uma rede de dutos de distribuição de ar para as zonas. O equipamento pode assumir duas configurações básicas: a primeira composta por todos os componentes num único gabinete, como o modelo apresentado na Figura 61, bastante semelhante a um condicionador de ar de janela. Conforme ilustração da Figura 62, é necessário localizar este equipamento numa parede externa.

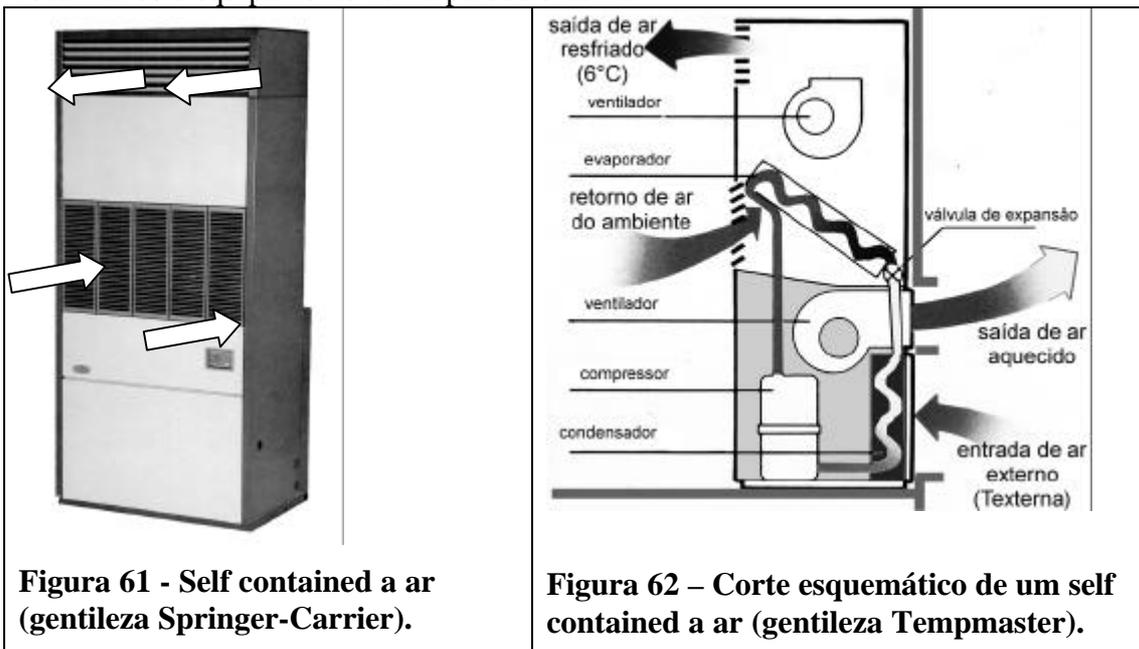


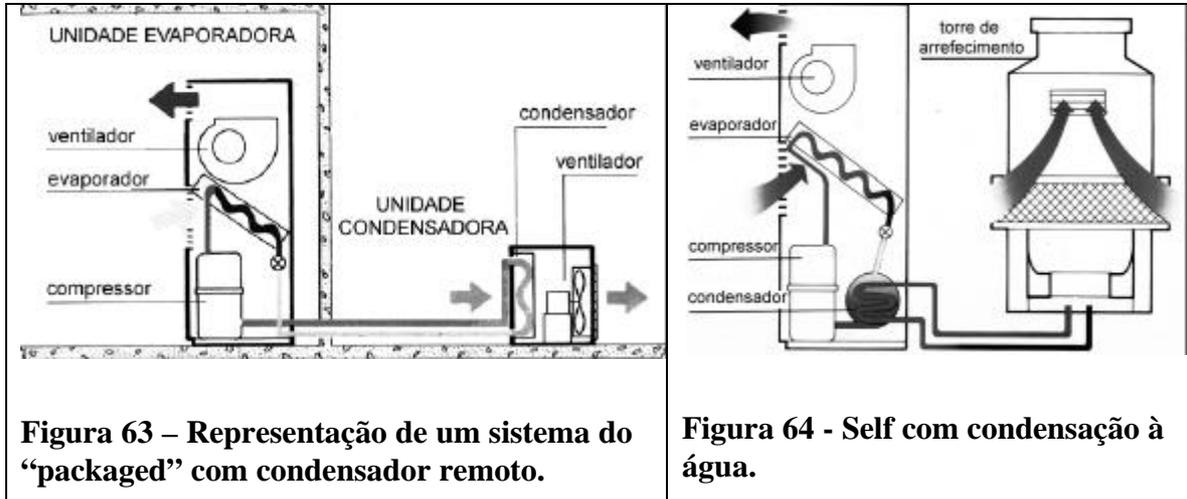
Figura 61 - Self contained a ar (gentileza Springer-Carrier).

Figura 62 – Corte esquemático de um self contained a ar (gentileza Tempmaster).

A segunda configuração emprega o condensador remoto, deslocando-o para o exterior da edificação, à exemplo da

Figura 63.

Quanto à condensação do refrigerante, pode ser a ar, como a Figura 63 , ou à água, como a Figura 64.

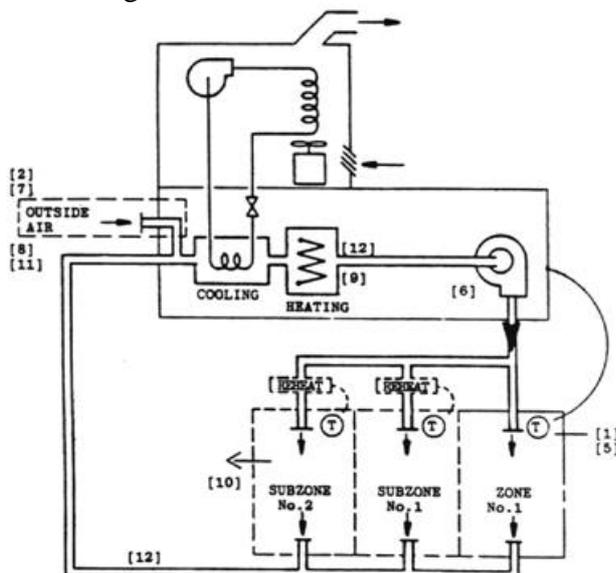


Os condicionadores do tipo self-contained têm como vantagem seu baixo custo de manutenção e aquisição, simplicidade e rapidez de instalação, e versatilidade para projetos. Por outro lado, não podem operar como bomba de calor. Possuem compressores do tipo alternativo ou scroll.

A eficiência dos self-contained também varia quanto ao tipo de condensação do refrigerante, conforme apresenta o anexo 4.

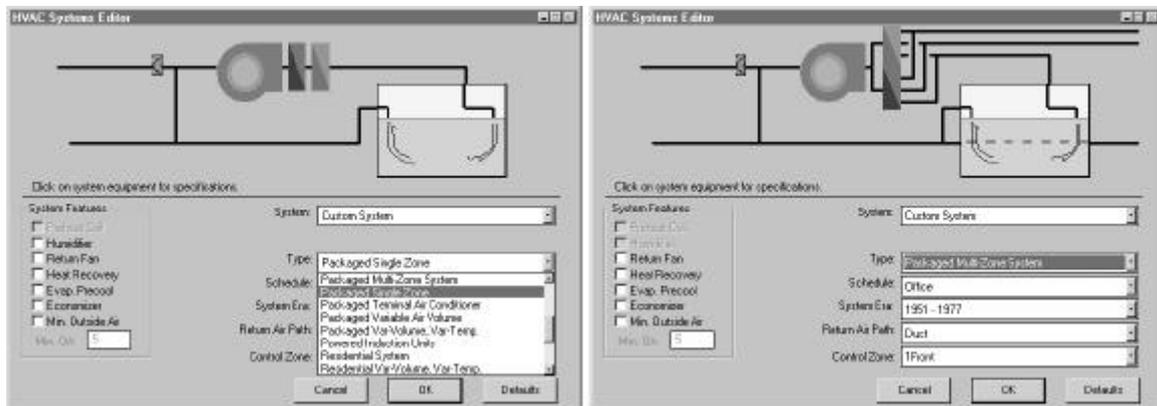
### 17.3.1. MODELAMENTO,

O modelamento emprega uma forma híbrida semelhante ao PTAC, porém de maior capacidade, denominado de PSZ (Packaged Single Zone Air Conditioner with Heating and Subzone Reheating Options). A representação que o algoritmo do DOE-2 emprega está apresentada na Figura 65.



**Figura 65 – Diagrama do “PSZ”.**

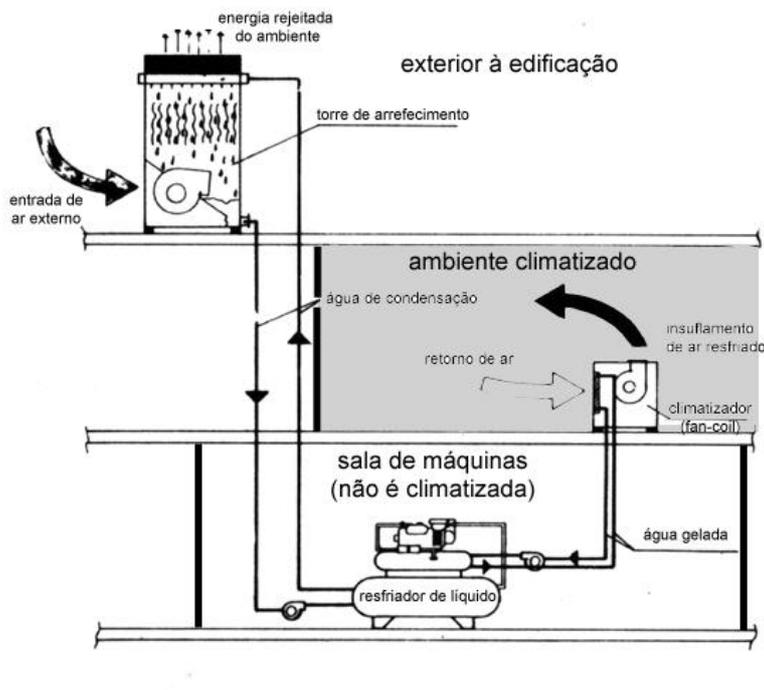
O VisualDOE traz duas formas de emprego deste sistema: para uma única zona e para múltiplas zonas, conforme Figura 66.



**Figura 66 – Representação do “PACKAGED” no VisualDOE.**

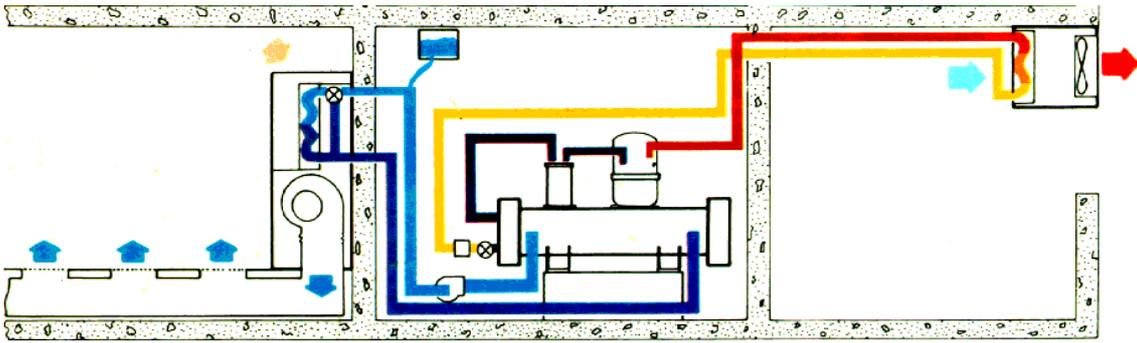
## 17.4. Centrais de Água Gelada

Esses sistemas são todo-água ou ar-água, e do tipo expansão indireta porque usam a água como líquido intermediário para retirar o calor do ar das zonas. Conforme Figura 67, é composto de um resfriador de líquido instalado numa zona adequada, a sala de máquinas, que alimenta terminais instalados diretamente ou próximo às zonas. Há também um segundo circuito de água gelada que passa por uma torre de arrefecimento.



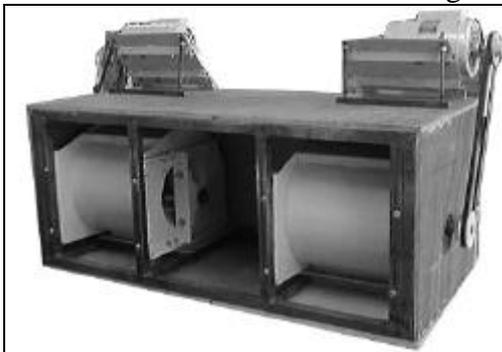
**Figura 67 - Diagrama de sistema de central de água gelada com condensação à água.**

A condensação do refrigerante também pode ser à ar, conforme Figura 68.



**Figura 68 - Diagrama de sistema de central de água gelada com condensação à ar.**

Os climatizadores (ou fan-coils) são equipamentos compostos essencialmente por ventilador (fan) e serpentina (coil). Quando instalados em salas apropriadas podem ter o motor externo à carcaça, como a Figura 69, enquanto que para instalações aparentes recebem um melhor acabamento como o da Figura 70 .



**Figura 69 - Climatizador para uso em casa de máquinas**

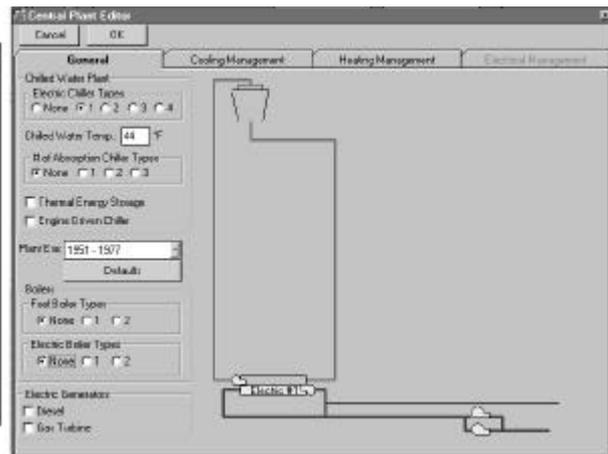
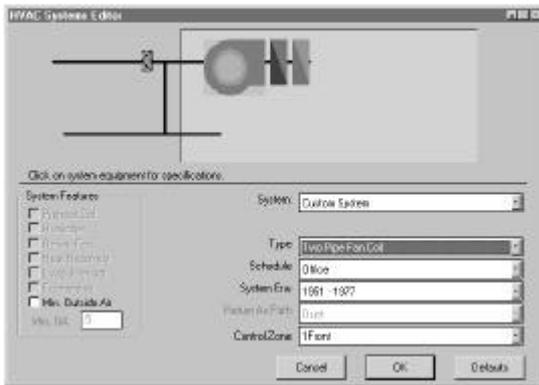
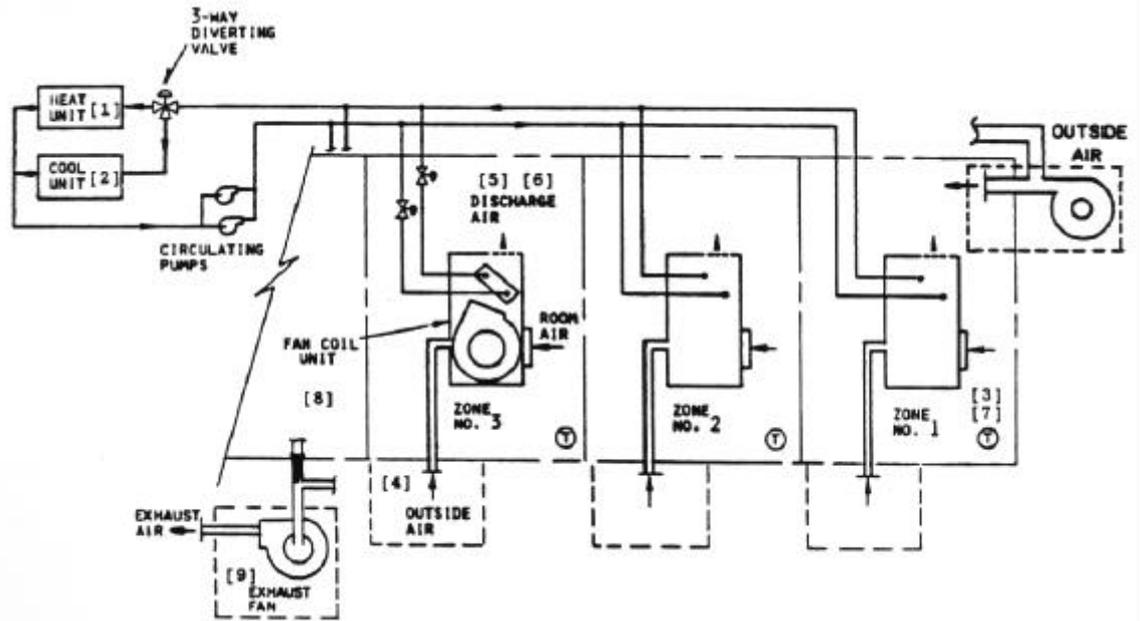


**Figura 70 - Climatizador instalação aparente.**

A eficiência dos climatizadores é declarada separadamente da eficiência dos resfriadores. A eficiência do ventilador é caracterizada através da razão entre o consumo de energia pela vazão de ar fornecida, em kW/(l/s), que são facilmente obtidos diretamente no equipamento. As principais atribuições da serpentina de resfriamento são a temperatura de entrada de água gelada, capacidades de refrigeração total e refrigeração sensível.

Quanto aos resfriadores de líquidos, podem ser dos seguintes tipos:

- 1) Alternativos: controle de capacidade ocorre por estágios; COP de 0,64 a 0,71kW/ton (condensação a água), 1,35 kW/ton (condensação a ar);
- 2) Centrífugas: utilizada para altas potências, normal de 100 a 1500TR, modulada até 3000TR; condensação a água; COP de 0,52kW/ton.
- 3) Scroll: controle de capacidade por estágios; COP de 0,85kW/ton (condensação a água), 1,25 kW/ton (condensação a ar);
- 4) Parafuso: uso de 70 a 450TR; controle linear (acima de 130TR); COP de 0,64 a 0,71kW/ton (condensação a água), 0,87 (condensação a água até 1990), 1,35 kW/ton (condensação a ar),
- 5) Absorção: uso normal de 115 a 1660 TR; utiliza na sua maioria, gás como combustível



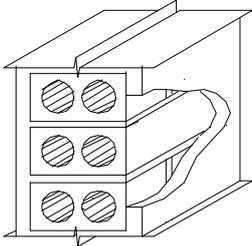
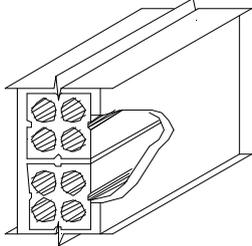
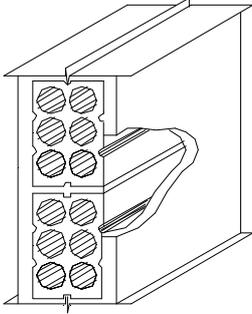
5. A eficiência dos resfriadores de líquidos obtidos por catálogos são apresentados no anexo

## 18.REFERÊNCIAS

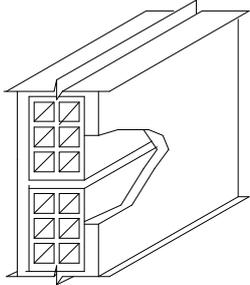
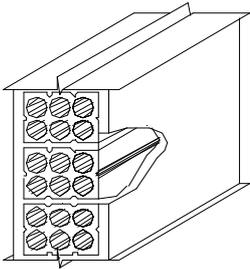
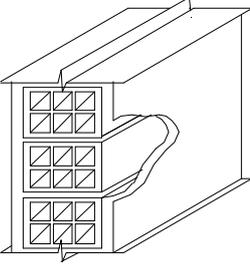
- VISUALDOE 2.5 Program Documentation - Eley Associates - 1995.
- STANDARD FOR UNITARY ERI-CONDITIONING EQUIPMENT, 1981 – Standard 210  
AIR-CONDITIONING SYSTEMS DESIGN MANUAL – ASHRAE
- WINKELMANN, F. C., BIRDSALL, B. E., BUHL, W. F., ELLINGTON, K. L., ERDEM, A. E.  
*DOE-2 Basi.*, Energy and Environment Division. Lawrence Berkely Laboratoru. University  
of California, Berkeley, CA, 1994.
- WINKELMANN, F. C., BIRDSALL, B. E., BUHL, W. F., ELLINGTON, K. L., ERDEM, A. E.  
*DOE-2 Supplement, v. I, version 2.1E*, Energy and Environment Division. Lawrence  
Berkely Laboratoru. University of California, Berkeley, CA, 1993.
- WINKELMANN, F. C., BIRDSALL, B. E., BUHL, W. F., ELLINGTON, K. L., ERDEM, A. E.  
*DOE-2 Supplement, v.II, version 2.1E*, Energy and Environment Division. Lawrence  
Berkely Laboratoru. University of California, Berkeley, CA, 1993.
- ASHRAE HANDBOOK HVAC Refrigeration, 1994.
- ASHRAE HANDBOOK HVAC Systems and Applications, 1996.

## Anexo 1 - Transmitâncias e capacidades térmicas de materiais da biblioteca do VisualDOE

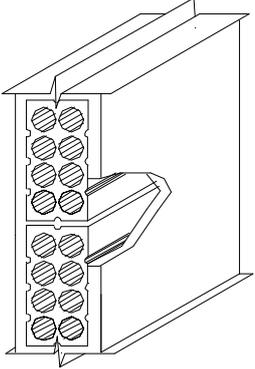
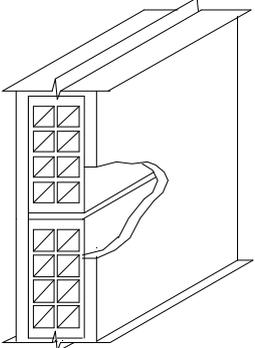
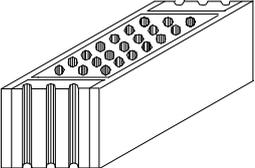
**Tabela 4** - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes.

Parede	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Parede de tijolos de 2 furos circulares 	Parede de tijolos com 2 furos circulares  Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,5 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,43	220
Parede de tijolos de 4 furos circulares 	Parede com 4 furos circulares  Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,5 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,49	186
Par. tij. 6 furos circulares (e=10cm) 	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,28	168

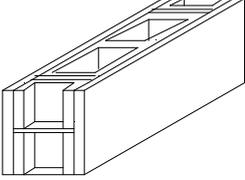
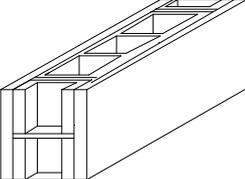
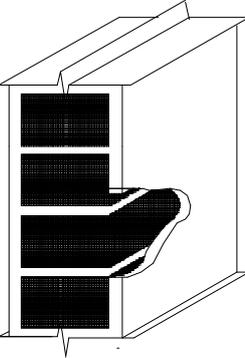
**Tabela 5 - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes (cont.).**

Parede	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Par. tij. 6 furos quadrados (e=9cm) 	Parede de tijolos de 6 furos quadrados , assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,48	159
Par. tij. 6 furos circulares (e=15cm) 	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	1,92	202
Par. tij. 6 furos quadrados (e=14cm) 	Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão  Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,02	192

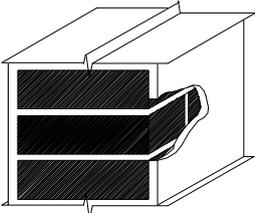
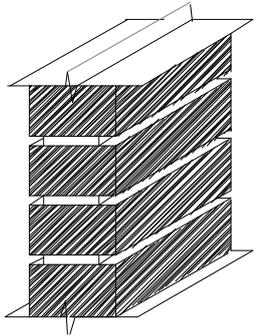
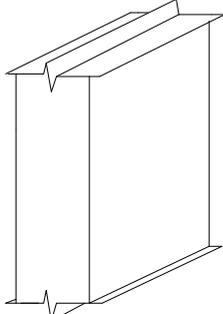
**Tabela 6 - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes (cont.).**

Parede	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Par.tij. 8 furos circulares (e=10cm) 	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,24	167
Par.tij. 8 furos quadrados (e=9cm) 	Parede de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,49	158
Par.tij.21 furos circulares (e=12cm) 	Parede de tijolos de 21 furos redondos  Dimensões do tijolo: 12,0x25,0x11,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,31	227

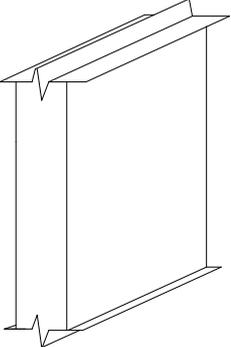
**Tabela 7 - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes (cont.).**

Parede	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Par.bl.cerâmicos 2 furos (e=14cm) 	Parede de blocos cerâmicos de 2 furos  Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm $d_{\text{bloco}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{bloco}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{bloco}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,45	203
Par.bl.cerâmicos 3 furos (e=14cm) 	Parede de blocos cerâmicos de 3 furos  Dimensões do bloco: 13,0x28,0x18,5 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 18,0 cm $d_{\text{bloco}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{bloco}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{bloco}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,43	192
Par.tij.maciços (e=6cm) 	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. De assentamento: 1,0 cm Espessura arg. De emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	3,13	255

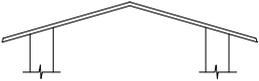
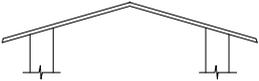
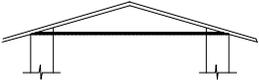
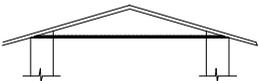
**Tabela 8** - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes (cont.).

Parede	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Par.tij.maciços (e=22cm) 	Parede de tijolos maciços, assentados na maior dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. De assentamento: 1,0 cm Espessura arg. De emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 29,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,25	445
Par.tij.maciços aparentes (e=10cm) 	Parede de tijolos maciços aparentes  Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. De assentamento: 1,0 cm Espessura arg. De emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 10,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,27	149
Parede de concreto maciço (e=10cm) 	Parede de concreto maciço  Espessura total da parede: 10,0 cm $d_{\text{concreto}} = 2400 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{concreto}} = 1,75 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{concreto}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	4,40	240

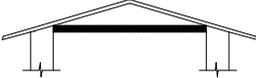
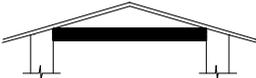
**Tabela 9** - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes (cont.).

Parede	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Parede de concreto maciço (e=5cm) 	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm $d_{\text{concreto}} = 2400 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{concreto}} = 1,75 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{concreto}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	5,04	120

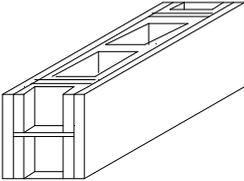
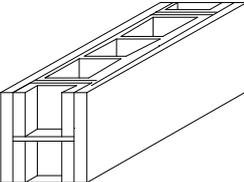
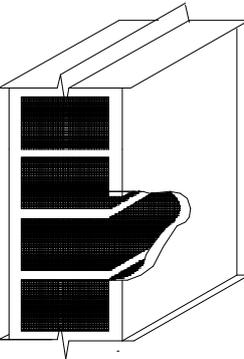
**Tabela 10** - Transmitância e capacidade térmica para algumas coberturas.

Cobertura	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Cobertura de telha de barro s/ forro 	Cobertura de telha de barro sem forro  Espessura da telha: 1,0 cm $d_{\text{cerâmica}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{cerâmica}} = 1,05 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{cerâmica}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ Devido a sobreposição das telhas (tipo capa canal) adotou-se, para cálculo, uma espessura das mesmas de 1,75 cm	4,55	32
Cob. de telha de fibro-cimento s/ forro 	Cobertura de telha de fibro-cimento sem forro  Espessura da telha: 0,8 cm $d_{\text{fibro-cimento}} = 1700 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{fibro-cimento}} = 0,65 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{fibro-cimento}} = 0,84 \text{ kJ/kg.K}$	4,50	11
Cob. de telha de barro c/ forro de madeira 	Cobertura de telha de barro com forro de madeira  Espessura da telha: 1,0 cm $d_{\text{cerâmica}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{cerâmica}} = 1,05 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{cerâmica}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ Espessura da madeira: 1,0 cm $d_{\text{madeira}} = 600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{madeira}} = 0,14 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{madeira}} = 2,30 \text{ kJ/kg.K}$	1,99	46
Cob. de telha de fb-cim. c/ forro de madeira 	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira  Espessura da telha: 0,8 cm $d_{\text{fibro-cimento}} = 1700 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{fibro-cimento}} = 0,65 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{fibro-cimento}} = 0,84 \text{ kJ/kg.K}$ Espessura da madeira: 1,0 cm $d_{\text{madeira}} = 600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{madeira}} = 0,14 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{madeira}} = 2,30 \text{ kJ/kg.K}$	1,99	25

**Tabela 11 - Transmitância e capacidade térmica para algumas coberturas (cont.).**

Cobertura	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Cob. de telha de barro c/ forro de concreto 	Cobertura de telha de barro com forro de concreto  Espessura da telha: 1,0 cm $d_{\text{cerâmica}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{cerâmica}} = 1,05 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{cerâmica}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ Espessura do concreto: 3,0 cm $d_{\text{concreto}} = 2200 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{concreto}} = 1,75 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{concreto}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,24	98
Cob. de telha de fb- cim. c/ forro de concr. 	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de concreto  Espessura da telha: 0,8 cm $d_{\text{fibro-cimento}} = 1700 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{fibro-cimento}} = 0,65 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{fibro-cimento}} = 0,84 \text{ kJ/kg.K}$ Espessura do concreto: 3,0 cm $d_{\text{concreto}} = 2200 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{concreto}} = 1,75 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{concreto}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,23	77
Cob. de telha de barro c/ laje mista 	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista  Espessura da telha: 1,0 cm $d_{\text{cerâmica}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{cerâmica}} = 1,05 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{cerâmica}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ Espessura da laje: 12,0 cm	1,92	127
Cob. de telha de fb- cim. c/ laje mista 	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de laje mista  Espessura da telha: 0,8 cm $d_{\text{fibro-cimento}} = 1700 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{fibro-cimento}} = 0,65 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{fibro-cimento}} = 0,84 \text{ kJ/kg.K}$ Espessura da laje: 12,0 cm	1,91	106

**Tabela 12 - Transmitância e capacidade térmica para algumas paredes (cont.).**

Parede	Descrição	U [W/m <sup>2</sup> .K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> .K]
Par.bl.cerâmicos 2 furos (e=14cm) 	Parede de blocos cerâmicos de 2 furos  Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm $d_{\text{bloco}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{bloco}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{bloco}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,45	203
Par.bl.cerâmicos 3 furos (e=14cm) 	Parede de blocos cerâmicos de 3 furos  Dimensões do bloco: 13,0x28,0x18,5 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 18,0 cm $d_{\text{bloco}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{bloco}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{bloco}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	2,43	192
Par.tij.maciços (e=6cm) 	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão  Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. De assentamento: 1,0 cm Espessura arg. De emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm $d_{\text{tijolo}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{tijolo}} = 0,92 \text{ kJ/kg.K}$ $d_{\text{argamassa}} = 2000 \text{ kg/m}^3$ $\lambda_{\text{argamassa}} = 1,15 \text{ W/m.K}$ $c_{\text{argamassa}} = 1,00 \text{ kJ/kg.K}$	3,13	255

Anexo 2 - EER para condicionadores de ar de janela.

Anexo 3 - EER para condicionadores de ar do tipo split systems.

Anexo 4 - EER para condicionadores de ar do tipo self-contained.

Anexo 5 - COP para resfriadores de líquido.