

Alessandra Rodrigues Prata

DEFESA DE TESE

Campinas
Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP.
1998

P887f

34146/BC

Alessandra Rodrigues Prata

UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM PROJETOS ARQUITETÔNICOS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da
Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de
Campinas, como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.
Área de concentração: Saneamento
Orientadora: Prof.^{ra} D.^{ra} Doris C.C.K. Kowaltowski
Universidade Estadual de Campinas
Co-Orientadora: Prof.^{ra} D.^{ra} Lucila Chebel Labaki
Universidade Estadual de Campinas

Atesto que esta é a versão definitiva
da dissertação/tese.

22/04/98

Prof. Dr. *Doris C.C.K. Kowaltowski*
Matrícula: *D 21 4132*

Campinas
Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP.
1998



9813011

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	UNICAMP
	P887f
V.	
TOMADA	34146
PREÇO	395198
C	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$11,00
DATA	05/06/98
N.º CPD	

CM-00112434-B

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

P887f

Prata, Alessandra Rodrigues

Uma ferramenta computacional de avaliação da ventilação natural em projetos arquitetônicos. / Alessandra Rodrigues Prata.--Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientadoras : Doris C. C. K. Kowaltowski, Lucila Chebel Labaki

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Conforto térmico. 2. Ventilação. 3. Projeto auxiliado por computador. 4. Métodos de simulação. 5. Projeto arquitetônico. I. Kowaltowski, Doris C. C. K. II. Labaki, Lucila Chebel. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. IV. Título.

Dissertação defendida e aprovada, em 19 de fevereiro de 1998, pela banca examinadora constituída pelos professores:


Prof.^{ra} D.^{ra} Doris C. C. K. Kowaltowski - Orientadora


Prof.^{ra} D.^{ra} Márcia Alucci


Prof.^{ra} D.^{ra} Regina C. Ruschel

Dedicatória

Para minha família e ao Celso, pelo apoio e compreensão da ausência e da intolerância.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais por existir, a minha irmã e agradeço a todos os amigos que me incentivaram a escrever esta tese e, sem dúvida, devo agradecimento especial a Celso e a João H. Camelini, pelo empenho em me auxiliar nos momentos difíceis e pela amizade.

Agradeço as minhas orientadoras Doris e Lucila pelo apoio e dedicação e, agradeço a CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro dispensado.

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram e, a Deus e aos meus avós por me iluminarem.

I. LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 -	Equilíbrio Térmico do Homem.....	13
FIGURA 02 -	Zonas de Conforto ou de Bem Estar.....	15
FIGURA 03 -	Carta Bioclimática.....	16
FIGURA 04 -	Fatores que Alteram uma Zona de Conforto.....	17
FIGURA 05 -	Nomograma de Temperatura Efetiva para Pessoas Normalmente Vestidas, em Trabalho Leve.....	19
FIGURA 06 -	Esboço para Verificação do Índice de Desconforto na Habitação, dentro da Zona de Ocupação.....	20
FIGURA 07 -	Relação entre o Voto Médio Estimado e a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas.....	21
FIGURA 08 -	Taxa de Ventilação x Variação entre a Temperatura no Interior e no Exterior dos Ambientes.....	22
FIGURA 09 -	Correlação entre a Carga Térmica Total Acumulada no Interior da Habitação no Período de 1 hora e a Vazão Mínima Recomendada para garantir uma Diferença de Temperatura entre o Exterior e Interior de 1 °C.....	24
FIGURA 10 -	Diagrama dos Ventos no Globo Terrestre.....	28
FIGURA 11 -	Profundidade do Fluxo de Ar em Relação ao Formato das Edificações.....	29
FIGURA 12 -	Profundidade do Fluxo de Ar/Inclinação do Telhado.....	30
FIGURA 13 -	Profundidade do Fluxo de Ar/Placas Horizontais.....	31
FIGURA 14 -	Profundidade do Fluxo de Ar/Influência de Aberturas.....	31
FIGURA 15 -	Profundidade do Fluxo de Ar/Edifícios Perpendiculares à Direção do Vento.....	32
FIGURA 16 -	Ventilação por Ação dos Ventos-Distribuição das Pressões.....	36
FIGURA 17 -	Ventilação por Ação dos Ventos.....	36
FIGURA 18 -	Esquema para obter o Valor de v quando o vento não é Normal à Abertura.....	37
FIGURA 19 a -	Gráfico de Irminger e Nokkentued para Determinação dos Coeficientes de Pressão para Modelos de Seção Quadrada com Anteparo Maciço com Altura= h	38
FIGURA 19 b -	Gráfico de Irminger e Nokkentued para Determinação dos Coeficientes de Pressão para Modelos de Seção Quadrada com Anteparo Maciço com Altura= $1/3 h$	38
FIGURA 20 -	Distância entre Obstáculo e Edificação com relação ao Sentido da Ventilação Interna.....	39
FIGURA 21 -	Croquis Explicativos da Distribuição das Pressões em uma Caixa Cúbica.....	40
FIGURA 22 -	Gráfico para Determinação do Incremento de Vazão causado pelo Excesso de Área de uma Abertura sobre a outra.....	41
FIGURA 23 -	Gráfico para Determinação do efeito Simultâneo: Chaminé e Ação dos Ventos.....	42
FIGURA 24 -	Relação entre a Velocidade do Ar Interior (v_i) e Exterior (v_e) em Função da Dimensão das Aberturas.....	44
FIGURA 25 -	Eficiência da Ventilação Interior de um Ambiente em Função de suas Dimensões.....	44

FIGURA 26 -	Eficiência da Ventilação no Interior da Edificação (relação entre a área da abertura de entrada do ar e a área total das aberturas).....	45
FIGURA 27 -	Eficiência da Ventilação no Interior em Função da Relação entre a Área das Abertura e a Área do Piso, com Peitoril de 0,90 m nas duas Janelas.....	45
FIGURA 28 -	Visualização Simplificada do Fluxo de Ar em um Cômodo.....	50
FIGURA 29 a -	Exemplos de Fluxos de Ar através de Ambientes Vazios (em planta).....	50
FIGURA 29 b -	Exemplos de Fluxos de Ar através de Ambientes Internos Vazios (em planta).....	51
FIGURA 29 c -	Exemplos de Fluxos de Ar através de Ambientes Internos Parcialmente Divididos (em planta).....	51
FIGURA 30 -	Exemplos de Fluxos de Ar através de Ambientes que Dispõem de Aberturas Localizadas em Fachadas Opostas (em corte).....	52
FIGURA 31 -	Exemplos de Influência Favorável à Ventilação que a Vegetação pode Proporcionar.....	53
FIGURA 32 -	Zonas de Alta e Baixa Pressão na Construção.....	54
FIGURA 33 -	Inércia do Fluxo de Ar entrando na Construção.....	54
FIGURA 34 a -	a Fachada é Simétrica e o Fluxo penetra Perpendicularmente.....	55
FIGURA 34 b -	a Assimetria da Fachada tende a retardar o Fluxo de ar na Zona de Alta Pressão existente na Área de Saída.....	55
FIGURA 35 a -	Exemplo do Fluxo de Ar em Piso Superior.....	55
FIGURA 35 b -	Exemplo do Fluxo de Ar em Piso Intermediário.....	55
FIGURA 36 a -	Influência dos Brises (fluxo penetra em direção ao forro).....	56
FIGURA 36 b -	Influência dos Brises (fluxo penetra horizontalmente).....	56
FIGURA 37 a -	Exemplo de Fluxo de Ar (sem a presença de persianas).....	57
FIGURA 37 b -	Exemplo de Fluxo de Ar (com a presença de persianas).....	57
FIGURA 38 a -	Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação (abertura parte superior).....	57
FIGURA 38 b -	Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação (abertura parte inferior).....	57
FIGURA 39 a -	Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação (diferença no tamanho da abertura de entrada e saída).....	58
FIGURA 39 b -	Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação (diferença no tamanho da abertura de entrada e saída).....	58
FIGURA 39 c -	Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação (diferença no tamanho da abertura de entrada e saída).....	58
FIGURA 40 a -	Exemplos do Efeito do Tamanho da Janela em Quartos com Janela Simples (Direções do vento perpendicular e a 45°).....	60
FIGURA 40 b -	Exemplos do Efeito do Tamanho de Entrada nos Quartos com Ventilação Cruzada (Direções do vento perpendicular e a 45°).....	61
FIGURA 40 c -	Exemplos de Quartos com Janela em Paredes Adjacentes (Direções do vento perpendicular e a 45°).....	62
FIGURA 41 -	Velocidade Média dos Ventos Dominantes (m/s).....	67
FIGURA 42 -	Exemplos para Visualização da relação do Norte do Projeto com a Orientação do Vento Dominante.....	68
FIGURA 43 -	Exemplos do Estudo de Givoni.....	70
FIGURA 44 -	Exemplos das Funções (mirror e rotate) para Determinar as Malhas de acordo com a Direção do Vento Dominante.....	73

FIGURA 45 -	Fluxograma da Configuração de Entrada de Dados para o Aplicativo.....	75
FIGURA 46 -	Fluxograma do Desenvolvimento dos Dados - rotina projeto.....	76
FIGURA 47 -	Tipos de Aberturas Utilizadas no Aplicativo.....	77
FIGURA 47 a -	Tipo de Abertura 1 - uma única abertura.....	77
FIGURA 47 b -	Tipo de Abertura 2 - duas aberturas em paredes opostas.....	77
FIGURA 47 c -	Tipo de Abertura 3 - duas aberturas em paredes adjacentes	77
FIGURA 47 d -	Tipo de Abertura 4 - duas ou uma abertura em uma mesma parede ou em paredes opostas.....	77
FIGURA 48 -	Caixa de Diálogo Principal - interface.....	80
FIGURA 49 -	Fluxograma do Desenvolvimento da Dialog Box.....	82
FIGURA 50 -	Fluxograma das Caixas de Diálogo (1 e 2).....	83
FIGURA 51 a -	Caixas de Diálogo para o Tipo de Abertura 1.....	83
FIGURA 51 b -	Caixas de Diálogo para o Tipo de Abertura 2.....	84
FIGURA 51 c -	Caixas de Diálogo para o Tipo de Abertura 3.....	84
FIGURA 51 d -	Caixas de Diálogo para o Tipo de Abertura 4.....	84
FIGURA 52 -	Estudo de Caso.....	86
FIGURA 53 -	Estudo de Caso para um Cômodo com Variação dos Meses.....	88
FIGURA 54 -	Estudo Comparativo entre o Meio Urbano e Rural, Utilizando Vestimenta Formal e Informal e Atividades Leve, Média e Pesada - mês de Março.....	88

II. LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	Atividade x Taxa Metabólica.....	11
TABELA 02 -	Vazão de Ar Mínima para o Metabolismo e para manter a Taxa de Concentração de CO ₂	11
TABELA 03 -	Limites de Velocidade do ar no Interior das Edificações nos Períodos de Inverno e Verão.....	18
TABELA 04 -	Coefficiente de Condutância da Superfície dos Componentes.....	23
TABELA 05 -	Sombra de Vento segundo a Forma do Edifício.....	33
TABELA 06 -	Escala de Beaufort.....	34
TABELA 07 -	Relação entre a Dimensão das Aberturas e o Fator de Multiplicação da vi.....	46
TABELA 08 -	Fator de Correção que deve ser Somado à Velocidade do Ar Interior Calculada, levando em Conta a posição relativa das Aberturas e a Direção do vento Incidente.....	46
TABELA 09 -	Fator de Correção para Ambientes com Partições Internas.....	47
TABELA 10 -	Direções Predominantes, Velocidades Médias, Temperaturas e Umidades Relativas para Campinas - S.P.....	66
TABELA 11 -	Norte do Projeto para ser Utilizado na Ferramenta Desenvolvida....	68
TABELA 12 -	Níveis de Sensação de Conforto.....	69
TABELA 13 -	Listagem dos Valores das Porcentagens dos Desenhos do Givoni...	71
TABELA 14 -	Tipo de Abertura (modelo do desenho), Combinação (1,2,3,...,10) e Sentido do Vento (“f”ou “d”).....	72
TABELA 15 -	Funções para Determinar a Malha Adequada ao Tipo de Abertura Escolhida.....	74
TABELA 16 -	Orientação do Norte do Projeto.....	87

SUMÁRIO

I. LISTA DE FIGURAS.....	i
II. LISTA DE TABELAS.....	iv
III. RESUMO.....	v
IV. ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	06
2.1. Ventilação Natural e Projeto Arquitetônico.....	06
2.2. A Importância da Ventilação nas Edificações.....	07
2.2.1. Exigências da Ventilação nas Edificações.....	09
2.2.1.1. A Ventilação e a Saúde.....	10
2.2.1.2. A Ventilação e o Conforto Térmico.....	13
2.2.1.3. A Ventilação e o Resfriamento Estrutural.....	21
2.3. Estudo do Fenômeno da Ventilação.....	25
2.3.1. Elementos Climáticos.....	25
2.3.2. O Vento como Elemento Climático.....	27
2.3.3. Formação de Zonas de Baixa Pressão e Sucção.....	28
3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL.....	35
3.1. Métodos de Cálculo.....	35
3.1.1. Método de Cálculo para Determinação da Ventilação por Ação dos Ventos.....	36
3.1.2. Método de Cálculo para Determinação da Ventilação por Efeito Chaminé.....	39
3.1.3. Método de Cálculo para Determinação da Ventilação por Efeito Simultâneo: Chaminé e Ação dos Ventos.....	42
3.1.4. Métodos para Determinar a Velocidade do Ar Interior em Habitações.....	43
3.2. Métodos de Simulação.....	48
3.3. Métodos Experimentais.....	49
3.3.1. Método de Givoni.....	58
4. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL.....	64
4.1. Introdução.....	64
4.2. Descrição do Aplicativo.....	65
4.3. Dados Meteorológicos.....	66
4.4. Mapeamento dos Desenhos do Estudo de Givoni.....	70
4.5. Configuração dos Dados para Linguagem Computacional.....	75
4.6. Desenvolvimento da Interface - Dialog Box / Lisp.....	80
4.7. Procedimento de Utilização da Ferramenta.....	85
4.8. Apresentação dos Resultados e Estudo de Caso.....	86

5. CONCLUSÃO.....	90
6. ANEXOS.....	92
6.1. Anexo A - Listagem do arquivo em Lisp.....	92
6.2. Anexo B - Listagem do arquivo em DCL - Dialog Box.....	136
6.3. Anexo C - Listagem dos arquivos em DCL para os tipos de aberturas.....	143
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153

PRATA, A.R., *Uma Ferramenta Computacional de Avaliação da Ventilação Natural em Projetos Arquitetônicos*, Campinas, 1998, 154 p., Dissertação de Mestrado apresentada na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas, Campinas, S.P., Brasil.

III. RESUMO

Analisou-se o efeito da ventilação natural no conforto térmico e sua influência em projetos de edificações, com o intuito de criar de forma simplificada, uma ferramenta computacional de simulação do fluxo de ar interno. Verificou-se que, para o projetista, esta ferramenta poderia ser em forma de um aplicativo em ambiente informatizado Cad (*Computer Aided Design*) para a visualização, em planta baixa, da ventilação natural com o seu dimensionamento e adequação para o conforto térmico.

Esta ferramenta foi elaborada tendo como base o estudo realizado por Givoni (1962). O aplicativo requer dados de entrada referentes ao projeto como: local, mês, orientação do norte em relação a abertura, ambiente de projeto, vestimenta, atividade desenvolvida no ambiente, área da parede que será colocada a abertura, tipo de abertura e dimensões de entrada e saída. O tipo de abertura será o que melhor descreve o cômodo a ser analisado, tendo como base os desenhos de Givoni. A partir da entrada dos dados, o programa visualiza o fluxo interno do ar e considera a sua adequação para o conforto térmico no local e mês determinados. Desta forma é possível uma análise do ambiente que está sendo elaborado, diretamente sobre a planta baixa do projeto, demonstrando a ventilação natural de forma direta e simples. O aplicativo não considera ambientes não quadrados, pois limita-se aos casos específicos estudados por Givoni.

Palavras-chaves: conforto térmico, ventilação natural, método Givoni, CAD (Computer Aided Design), projeto arquitetônico, simulação.

PRATA, A.R., *A Computer Tool for the Evaluation of Natural Ventilation in Architectural Projects*, Campinas, 1998, 154 p., (Master) Dissertation of Faculty of Civil Engineering, Campinas State University, S. P., Brazil.

IV. ABSTRACT

The effect of natural ventilation on thermal comfort and its influences on the design of buildings was analysed, aiming to creation - in a symplified form - a computer tool for the simulation of internal air flow. It was determined that, for the designer, this tool could be in the form of a Computer Aided Design (CAD) application, to enable viewing, on the floorplan, the natural ventilation with its dimensioning and adequation to thermal comfort.

This tool's creation was based on a study conducted by Givoni (1962). The application requires data entry pertaining to the project, such as: place, month, north orientation in relation to the opening, project environment, occupants' garments, activity conducted in the room, area of the wall containing the opening, type of opening and entry and exit dimensions.

The type of opening will be the one which better describes the room to be analysed, based on Givoni's drawings. With the data input, the program visualizes the internal air flow and ponders its adequacy to thermal comfort for the determined place and month.

It is, thus, possible to analyse the room being created directly on the project's floorplan, demonstrating the optimization of the natural ventilation in a clear and simple manner. The application does not consider non-square rooms, for it is limited to the specific cases studied by Givoni.

Keywords: thermal comfort, natural ventilation, Givoni's method, CAD (Computer Aided Design), architectural project, simulation.

1. INTRODUÇÃO

A atividade projetual do profissional da área de arquitetura deve contribuir para a qualidade de vida urbana e o conforto do usuário de edificações. O projetista, no processo de elaboração de projetos, utiliza algumas características que podem diferenciar estilos e modos de desenvolvimento do mesmo. De acordo com (Atkin, 1993; Broadbent, 1973; Kharrufa, 1988 e Kowaltowski, 1992) citados por Kowaltowski e Labaki (1993), estas características do processo são:

1. A criação de formas arquitetônicas segue, na sua maioria, caminhos informais, individuais ou pertencentes a escolas cujos estilos obedecem a regras estéticas. As metodologias individuais são quase misteriosas, pois nota-se que elas são articuladas com dificuldade;

2. A criação passa por muitos estágios, sendo um dos principais o desenho.

O projeto arquitetônico é desenvolvido graficamente, através da manipulação do produto em criação, principalmente e diretamente em planta. Frequentemente são utilizadas grelhas de desenho e elementos fixos como, por exemplo, escadas, para visualizar melhor a escala do projeto. Nesta fase a visualização em 3D é usada como referência de imagens;

3. As decisões tomadas durante a síntese do projeto, dependem da habilidade pessoal do projetista, do seu acesso e acúmulo de conhecimentos, vindo do treinamento e da prática. Em muitos casos, protótipos de projetos anteriores são usados como referências e estímulo de novas soluções. Este procedimento pode levar a perpetuação do ineficiente e, até, do errado. O modelo acadêmico de projeto - geração de idéia, síntese e avaliação - é pouco usado no projeto real. Somente as conjecturas iniciais são a base da maioria de projetos arquitetônicos;

4. A complexidade das variáveis que atuam no projeto arquitetônico é reduzida durante o processo criativo, enquadrando-o dentro de limites como, por exemplo, o seu custo, atribuindo pesos a fatores do projeto e adotando soluções conceituais que eliminam variáveis incompatíveis com esta concepção inicial;

5. O problema e a solução são constantemente redefinidos durante a criação. Soluções totalmente otimizadas não são possíveis para o produto final;

6. A planta e forma em arquitetura são desenvolvidas com rapidez. Na sua maioria, as informações do programa de necessidades em termos quantitativos dos espaços e de restrições vindas do local de implantação, são a principal base de um projeto.

Com estas características, o projeto é visto como a transformação de especificações em objetos com atributos que desempenham funções desejadas. Neste processo, e para garantir uma arquitetura com qualidade, devemos ressaltar a necessidade de incorporação de conceitos de conforto na elaboração de projetos. Dentro dos conceitos de conforto destaca-se a preocupação com o conforto térmico. O projeto arquitetônico, já na sua fase de concepção, define o desempenho, principalmente, do conforto térmico dos usuários.

O controle do ambiente climático urbano e edificado torna-se possível através da disposição adequada de atributos climatizantes. Estes atributos são relacionados aos elementos manipulados pelo projetista durante a síntese da forma e são: a orientação e localização adequada da edificação, a forma, o volume, o espaço ao redor das edificações, a vegetação existente ou utilizada em projeto, os materiais e técnicas construtivas, as cores e a disposição dos elementos como aberturas e telhados, bem como, detalhamentos e utilização de equipamentos específicos.

O clima, na maioria das regiões do Brasil, é dominado pelos períodos quentes. Nas regiões com predominância de estações quentes e úmidas, o conforto térmico nas edificações depende, principalmente, da ventilação adequada dos ambientes internos. O bom aproveitamento da ventilação deve ser aprimorado e utilizado pelo projetista dentro do processo de desenvolvimento de uma edificação. A questão da ventilação natural é uma tarefa complexa ao projetista para desenvolvimento do projeto, que se inicia pela caracterização de condições de exposição dos dados climáticos referentes à velocidade e direção do vento.

A avaliação do fenômeno da ventilação natural para o dimensionamento, orientação e localização das aberturas e barreiras ao vento é baseada em conceitos da teoria da mecânica dos fluidos. Existem vários métodos de cálculo e simulações do fenômeno com o objetivo de averiguar o fluxo do ar com ventilação natural em recintos internos (Dreyfus, 1960, Givoni, 1976, Bittencourt, 1995).

Há análises com base em modelos matemáticos, simulações de desempenho de variáveis específicas, como temperatura umidade e ventilação, e, também, ensaios laboratoriais em túnel do vento. Para uma maior precisão e facilidade na avaliação de aspectos de conforto térmico e da eficiência energética das edificações, existem atualmente, simulações informatizadas.

Muitos programas de simulação de desempenho térmico de espaços internos de projetos arquitetônicos, incluem a ventilação como integrante para o cálculo das temperaturas internas relativas às condições projetuais escolhidas. Dentre eles podemos destacar a utilização do DOE e BDA - Building Design Adviser (Tao-Kuang, 1992 e Papamichael, 1996). Um outro exemplo da aplicação de dados de ventilação para análise do desempenho térmico, é o software ARQUITROP, específico para as condições locais brasileiras. A maioria dos programas de simulação térmica, como o POWERDOE, apresenta, como saída de dados, gráficos de temperaturas interna e externa, em função do tempo, para dias típicos de verão e inverno, definidos por banco de dados climáticos, além de análise de eficiência energética. Outros, como o ENERGRAPH apresentam, além disso, diagramas bioclimáticos, baseados em Olgay ou em Givoni, com a indicação das zonas de conforto. A representação da ventilação, isoladamente, ocorre em programas específicos como Breeze e Easyflow (Bittencourt, 1995), entre outros. A visualização do fenômeno da ventilação é em formato de gráficos ou tabelas e, em alguns casos, representações dos fluxos de ar através de indicadores de direção e sua velocidade com desenhos simplificados do ambiente simulado.

Estes programas são extremamente importantes, para avaliações precisas de vários fatores em conforto térmico e cálculos de custo-benefício em relação a gastos energéticos sobre variações em projeto de edificações. No entanto, no processo criativo projetual em arquitetura, estes programas são pouco usados por várias razões.

O arquiteto, por natureza, procura resolver a síntese da forma em primeiro lugar, sem preocupações precisas com as questões de conforto ambiental. São usadas regras empíricas para uma avaliação superficial das condições de conforto ambiental, quando muitas falácias podem ocorrer.

As avaliações podem interferir no processo de criação, interrompendo o pensamento projetual habitual. São exigidos, também, cálculos e organização de dados precisos, atividades evitadas pela maioria dos projetistas durante o processo criativo. Falta ainda a exigência obrigatória de avaliações de desempenho de conforto ambiental, e o acesso de muitos profissionais aos meios de avaliação, tais como o túnel de vento e programas adequados de avaliação, é restrito.

Em virtude da crescente informatização das atividades projetuais em arquitetura, o desenho está sendo transformado em um arquivo dentro da computação gráfica, facilitando a integração de dados e cálculos específicos para uma avaliação mais precisa do conforto ambiental. Para uma aplicação mais próxima ao ambiente de criação arquitetônica estes fenômenos devem, no entanto, ser visualizados de maneira bastante clara e aplicáveis diretamente sobre o projeto. A preocupação com a visualização dos aspectos de conforto ambiental, está cada vez mais presente nas pesquisas e estudos recentes do ambiente construído. O grande volume de trabalhos no desenvolvimento de aplicativos na informática, de apoio direto ao projetista, demonstra a busca de métodos que auxiliem o processo criativo. Procura-se, com isso, aumentar a produtividade com qualidade bem como, os índices de acertos, posteriormente comprovados nas avaliações pós-ocupação das edificações. As dificuldades no desenvolvimento destes métodos de auxílio, estão relacionadas diretamente com o processo de criação em arquitetura e com a natureza dos conceitos de conforto ambiental, nem sempre facilmente traduzidos em imagens apropriadas a este processo.

Dentro da busca do desenvolvimento de metodologias de projeto arquitetônico, foi criada, neste trabalho, uma nova ferramenta de avaliação do conforto térmico. Esta nova ferramenta pretende apoiar a tomada de decisões projetuais, ainda na fase da síntese da forma, relativa aos aspectos da ventilação natural. As características principais deste método de avaliação da ventilação natural são: integração ao ambiente projetual CAD (Computer Aided Design), facilidade de manipulação dos dados de entrada, facilidade de interpretações dos resultados, implicando na visualização mais realista ao próprio projeto em criação. Esta ferramenta foi elaborada tendo como base o estudo realizado por Givoni (Givoni, 1962).

O aplicativo foi inicialmente desenvolvido, tendo como base, os dados climáticos da região de Campinas/S.P. e consiste, inicialmente, da entrada de dados referentes ao projeto a ser avaliado: mês, local (cidade e ambiente de projeto - urbano/rural), norte do projeto, área da parede do cômodo a qual será colocada a abertura, tipo de abertura, vestimenta e atividade no ambiente. A situação de ventilação natural que melhor descreve as condições do ambiente a ser avaliado é selecionada através dos exemplos elaborados por Givoni. O fluxo de ar e sua adequação ao conforto são visualizados através de cores e do dimensionamento percentual da velocidade do vento externo.

Para o desenvolvimento desta ferramenta simplificada de avaliação projetual da ventilação natural, foram aplicados os conceitos do conforto térmico, com ênfase dos requerimentos da ventilação em edificações e dos fenômenos da ventilação. Foram analisados, ainda, estudos dos principais métodos de avaliação disponíveis dentro do ambiente projetual arquitetônico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ventilação Natural e Projeto Arquitetônico

O conforto térmico é composto de complexos parâmetros, relacionados aos processos de troca de calor entre a edificação e o meio externo. Estes são definidos pelas propriedades higrotérmicas dos materiais e componentes, a insolação, a ventilação e a inércia térmica. Para serem obtidas as condições de conforto térmico, é necessário levar em conta, as condições climáticas da região, o meio que envolve o edifício e as atividades previstas.

Para obter um ambiente favorável ao conforto térmico, com relação a condições internas de um edifício relacionando as atividades cotidianas como: trabalhar, cozinhar, estudar. A ventilação natural é um fator importante, principalmente em climas quentes e úmidos, devendo proporcionar uma circulação e substituição do ar para o bem estar do ser humano, bem como a entrada de ar ocasionando o resfriamento dos cômodos da edificação.

Segundo Olgyay (1963), o ambiente físico consiste de diversos elementos numa relação complexa. Pode-se tentar descrever os constituintes ambientais como: luz, som, clima e espaço. Todos agem diretamente sobre o corpo humano, que pode tanto absorvê-los como tentar combater seus efeitos. Reações físicas e fisiológicas resultam desta luta por equilíbrio biológico. O homem luta pelo ponto em que um gasto mínimo de energia é necessário para que ele se ajuste ao seu ambiente.

Logicamente, não se pode reduzir o ambiente a um conjunto de fatores climáticos, pois outras dimensões - urbanísticas, econômicas, sociais e artísticas - caracterizam e estruturam um projeto. Entretanto, fica claramente reconhecida a influência do clima na adaptação da tipologia edificativa. O interesse deve dirigir-se a uma relação harmônica entre fatores climáticos e soluções arquitetônicas, empregando o uso passivo de energia através de técnicas construtivas e de um conhecimento substancial de elementos que possam auxiliar na elaboração do projeto.

2.2. A Importância da Ventilação Natural nas Edificações

Analisando basicamente a questão do movimento do ar, os efeitos do vento em edificações devem ser considerados tanto no exterior, devido à transferência por convecção e infiltração, como no interior das edificações. Para o equilíbrio do conforto os movimentos de ar devem ser avaliados tanto como positivos quanto negativos. Eles devem ser bloqueados, tanto quanto possível, para que não penetrem nas estruturas durante períodos de sub-aquecimento, mas devem ter sua entrada permitida e utilizada em períodos de aquecimento (Olgay, 1963).

A importância da ventilação natural está, em primeiro lugar, relacionada com a tarefa de propiciar o resfriamento de superfícies, tanto construtivas como do próprio corpo humano, proporcionando um ambiente agradável para a geração de atividades. O vento, como elemento climático que influencia no projeto, também propicia a renovação do ar nos ambientes, que é necessária para trocar o ar viciado por um ar “limpo”. No projeto de edificações, muitas variáveis devem ser consideradas para proporcionar condições de ventilação adequadas. Como orientação, algumas observações devem ser levadas em conta quanto à ventilação interna de um edifício (Mascaró, 1991):

1. As trocas térmicas do corpo humano com o meio ambiente (especialmente no verão) devem ser facilitadas;
2. O excesso de vapor d'água existente no ar interior das edificações deve ser removido, de forma a reduzir o risco de condensação superficial (ou intersticial) nos componentes, garantindo maior durabilidade dos mesmos. O fenômeno da condensação superficial é comum não só em regiões cujo inverno apresenta baixas temperaturas como também em regiões quentes com umidade relativa muito elevada, acima de 85% (Alucci, 1983).
3. O sistema de ventilação depende, necessariamente, de uma abertura de entrada do ar e de uma de saída para proporcionar a renovação;
4. As aberturas de entrada e saída do ar devem ser o mais desobstruídas possível, permitindo a ventilação do local;
5. A orientação das aberturas deve ser a mais favorável possível ao vento predominante;

6. A ventilação mais adequada em edificações é aquela na qual o fluxo de ar penetra na habitação pelo espaço de estar e dormitórios, saindo pela área de serviço para remover odores indesejáveis sem que se espalhem pelos outros espaços internos;

7. No uso de protetores solares nas aberturas, deve-se calcular a área de abertura tomando-se cuidado com o dimensionamento da mesma. As barreiras contra a insolação, como os brises, agem sobre a ventilação, algumas vezes, reduzindo a sua eficiência nos espaços internos;

8. O movimento do ar para atuar sobre o usuário deve ocorrer à altura do mesmo;

9. As esquadrias reduzem a passagem do vento livre que incide na edificação em até, 30 - 40%.

A carência de uma documentação normativa mais eficaz e de material simplificado e objetivo sobre “cuidados” em projetar habitações, para que os projetistas se orientem, leva ao desenvolvimento de edificações inadequadas. Como exemplo, o Código de Obras da Cidade de Campinas (1989) dispõe, de forma generalizada, as questões da insolação, ventilação e iluminação, descritas na Seção 2.3, Capítulo 2.3.1-Espaços livres destinados a insolação, ventilação e iluminação. Em relação a ventilação natural apenas, os seguintes Capítulos demonstram alguma preocupação com a questão:

2.3.4 - Ventilação das cozinhas, copas e despensas;

2.3.5 - Ventilação dos compartimentos sanitários;

2.3.6 - Condições especiais de insolação, ventilação e iluminação;

2.3.7 - Áreas mínimas das aberturas.

As áreas mínimas de aberturas propostas pelo Código de Obras são as seguintes:

1. 1/8 (um oitavo) da área útil do compartimento, quando voltada para logradouro, área de frente ou área de fundo;

2. 1/7 (um sétimo) da área útil do compartimento, quando voltada para corredores;

3. 1/6 (um sexto) da área útil do compartimento, quando voltada para espaço livre;

4. em qualquer caso será respeitado o mínimo de 60 dm² (sessenta decímetros quadrados).

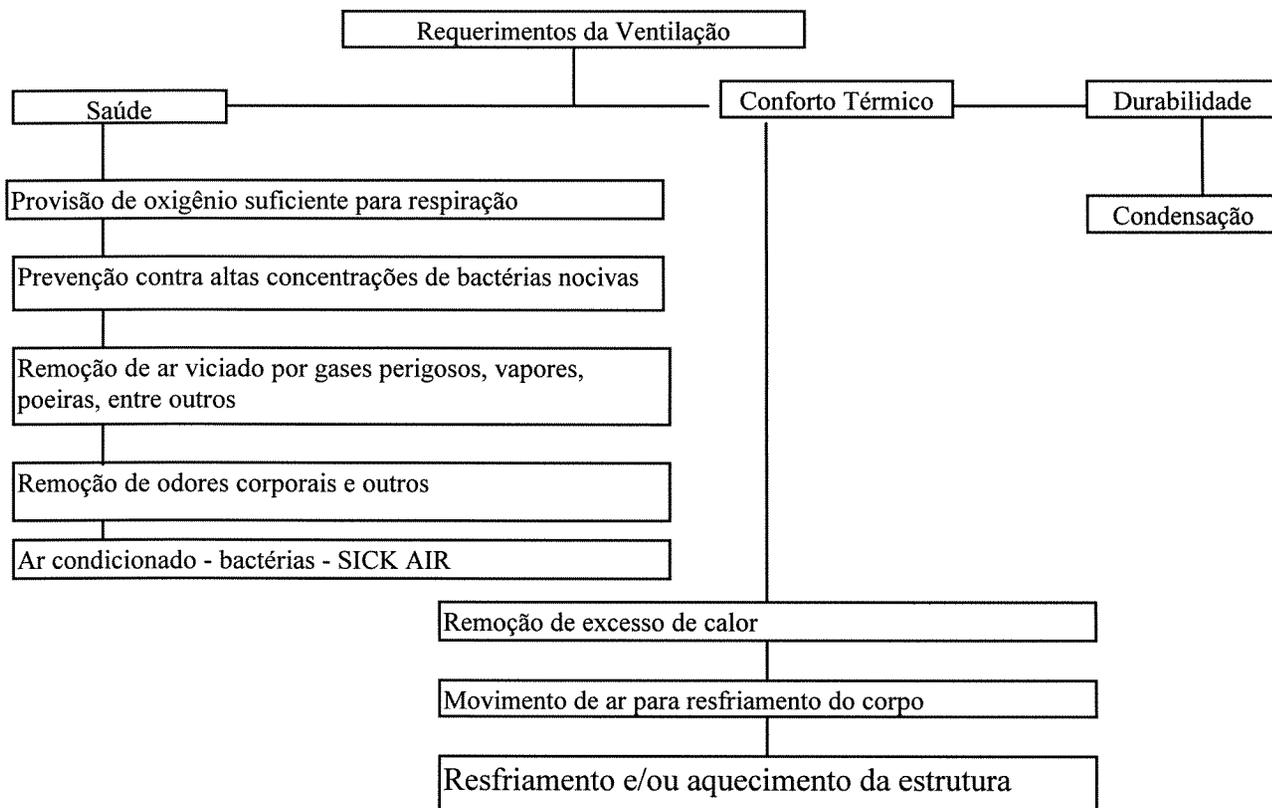
5. Parágrafo único. No mínimo metade das áreas fixadas neste artigo deverá ser destinada à ventilação”.

Como podemos observar, trata-se de um Código prescritivo pois, um exemplo é a utilização de 1/8 para insolação, a qual não garante boa insolação que depende da orientação e de obstáculos. Desta forma, é de responsabilidade do projetista a verificação de áreas mínimas, recuos, dimensionamento, entre outros. A prefeitura, em relação à obra, verifica a questão de áreas de uso e ocupação do solo. Assim, é de interesse do projetista conhecer e utilizar métodos de auxílio na verificação dos projetos.

2.2.1. Exigências da Ventilação nas Edificações.

As exigências projetuais relativas a ventilação, podem ainda ser mais detalhadas sob os aspectos de: saúde e higiene, conforto higrotérmico e ventilação para o resfriamento estrutural.

De acordo com Olgyay (1963), o esquema abaixo apresenta as requerimentos básicos de ventilação:



2.2.1.1. A Ventilação e a Saúde

A qualidade do ar interior das edificações e a sua composição estão relacionadas aos hábitos cotidianos dos seus respectivos usuários. Hábitos alimentares, de higiene, as atividades realizadas no interior dos cômodos, o número de usuários presentes determinam as condições atmosféricas do interior da habitação.

De uma forma geral o ar expirado pelas pessoas contém (Alucci, 1983):

1. 16,3 % de oxigênio (O_2);
2. 4,0 % de gás carbônico (CO_2);
3. 79,7 % de nitrogênio (N);
4. amônia (NH_4);
5. 45 g/m^3 de vapor d'água.

As renovações de ar (m^3/h pessoa) para o aspecto de higiene, têm como objetivo prover ao ambiente uma reposição da quantidade necessária de oxigênio (O_2), para evitar concentração de gás carbônico (CO_2) e para eliminar os odores desagradáveis no interior dos cômodos.

Uma resolução inadequada da ventilação nos projetos arquitetônicos, pode gerar problemas sérios aos usuários com relação à higiene das edificações.

A ventilação em relação à higiene é necessária para suprir necessidades do ser humano. Estas necessidades são:

1. limitação da concentração de CO_2 ;
2. taxa mínima necessária de oxigênio à respiração;
3. dissipação de odores e,
4. remoção do monóxido de carbono (CO).

A taxa mínima de oxigênio necessária à respiração depende da atividade desenvolvida pelo indivíduo, a qual está relacionada ao metabolismo.

Entende-se por metabolismo, segundo Macintyre (1990), como o conjunto das transformações que os organismos vivos provocam nas moléculas de seus alimentos, quer para construir suas próprias estruturas celulares (anabolismo), quer para libertar a energia necessária ao seu funcionamento vital (catabolismo).

O balanço energético desse conjunto de transformações é denominado metabolismo. Na Tabela 01, podemos observar a relação entre a atividade desenvolvida por uma pessoa e a taxa metabólica obtida por esta atividade.

ATIVIDADE	Taxa Metabólica M (W)
repouso, sentado	100
trabalho leve	130 - 160
trabalho moderado	190 - 220
trabalho pesado	290 - 400
trabalho muito pesado	600 - 700

Tabela 01 - Atividade x Taxa Metabólica.

Fonte: Koenigsberger, (1977).

Para a realização do metabolismo, o corpo humano necessita de uma quantidade de oxigênio que é definida em função da atividade que o indivíduo está realizando. Considerando que as atividades desenvolvidas no interior das edificações incluem o repouso, o trabalho leve e o trabalho moderado, observa-se que a vazão de ar mínima necessária para realizar o metabolismo nessas condições varia de 0,4 m³/h a 1,7 m³/h por pessoa.

Na Tabela 02 estão os valores mínimos referentes à ventilação (m³/h pessoa) para atender às duas exigências, levando-se em consideração a atividade desenvolvida pelo usuário.

ATIVIDADE	Vazão de ar mínima para realizar o metabolismo (m ³ /h pessoa)	Vazão de ar mínima para manter a taxa de concentração de CO ₂ abaixo de 0,5 % (m ³ /h pessoa)
repouso	0,4	3,4
trabalho leve	0,6 - 1,1	5,2 - 10,0
trabalho moderado	1,1 - 1,7	10,0 - 15,6
trabalho pesado	1,7 - 2,4	15,6 - 21,3
trabalho muito pesado	2,4 - 2,9	21,3 - 26,2

Tabela 02 - Vazão de Ar Mínima para o Metabolismo e para manter a Taxa de Concentração de CO₂.

Fonte: Alucci, (1983).

A vazão de ar (m³/h) necessária para garantir as exigências referentes à taxa de CO₂ é de 8 a 9 vezes maior que a necessária para garantir a realização do metabolismo, portanto, quando a primeira exigência é atendida, a necessidade de garantir uma melhor qualidade do ar ao usuário está sendo obtida.

Com relação ao monóxido de carbono e a limitação de CO₂, necessita-se uma ventilação mais intensa para a dissipação do gás no ambiente, principalmente para que esse gás não contamine todos os demais cômodos da edificação.

Destacamos aqui, à necessidade de dissipar odores na edificação dada à presença de odores, emanados do corpo humano que, não são propriamente um fator que afeta a saúde ou higiene dos usuários, mas contribuem significativamente para produzir um ambiente desagradável. Os odores mais comuns são:

- a) odor corporal;
- b) fumaça de cigarro;
- c) odor exalado por fontes internas (a cozinha, o banheiro, entre outras) e por produtos químicos.

Quanto ao odor corporal humano, este tende a se diluir no ar e desaparecer aproximadamente em 5 minutos, sem qualquer ventilação, Givoni (1976). Segundo Van Straaten (1967), a natureza e quantidade do odor emitido variam naturalmente, de pessoa para pessoa, uma vez que está fortemente relacionada a fatores como: raça, dieta e padrão de vida (no sentido de tipo de vida que a pessoa leva) e, apesar de normalmente não ser nocivo, o odor pode ter um efeito indireto na saúde, através da diminuição do apetite. Além disso, a presença de odores em um cômodo frequentemente induz a um sentimento de abafamento e desconforto, especialmente notável por pessoas que entram nesse cômodo vindos de uma atmosfera fresca.

Quanto à fumaça do cigarro, o odor tende a aumentar nas primeiras três horas depois de produzido e, então, decresce vagarosamente levando de 17 a 48 horas até tornar-se imperceptível, dependendo do número de cigarros fumados e do número de pessoas. Na prática, a percepção do odor provocado pela fumaça do cigarro é mais acentuada em materiais como: estofados, tapetes, cortinas, entre outros, havendo a possibilidade de permanecer impregnada e perceptível. Já os produtos químicos e outros odores provenientes de fontes internas levam, em média, de 6 a 7 horas para se dissipar, Givoni (1976).

2.2.1.2. A Ventilação e o Conforto Térmico

Os benefícios da ventilação para o conforto humano estão relacionados com o comportamento do organismo humano face às variações de temperatura. Sabemos que a temperatura média superficial do corpo humano é de 36,5°C, admitindo-se chegar até 36,8°C para ser considerada normal (Macintyre, 1990). A temperatura da cabeça fica em torno de 34°C e a dos pés em torno de 27°C.

No estabelecimento do equilíbrio térmico com o meio, ocorrem diversos processos de trocas térmicas, que podem ser: troca por radiação, troca por condução, troca por convecção e troca por evaporação, de forma a manter a temperatura interna do corpo em torno de 37 °C aproximadamente. Na Figura 01 apresentada por Romero (1988), pode-se ver estes processos. A figura mostra ainda, à esquerda, os processos de ganho de calor (metabolismo e atividade) e, à direita, o processo de perda de calor (evaporação).

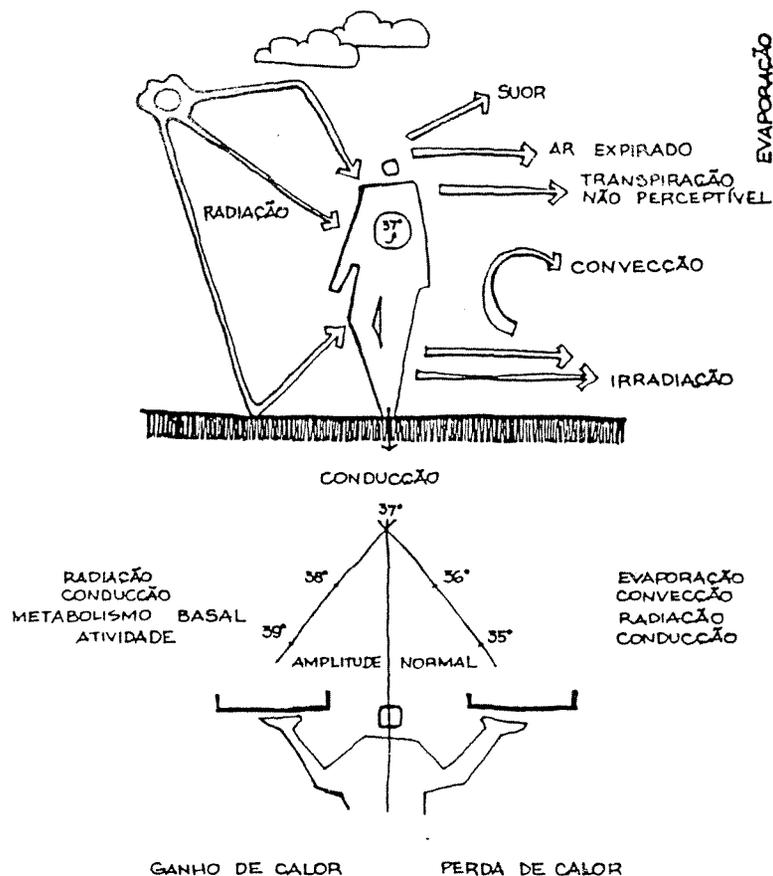


Figura 01 - Equilíbrio Térmico do Homem.

Fonte: Romero (1988).

As trocas de calor entre o corpo e o ambiente dependem:

1. da diferença de temperaturas entre os dois;
2. da pressão de vapor d'água do ar ambiente próximo à superfície da pele.

Segundo Frota e Schiffer (1995), a vestimenta representa uma barreira para as trocas de calor por convecção, mantendo uma camada mínima de ar parado entre ela e a pele, dificultando as trocas por convecção e radiação. Funciona como isolante térmico que mantém, junto ao corpo, uma camada de ar mais ou menos aquecido, de acordo com o tipo de vestimenta e a porção do corpo que é coberta.

Para auxiliar na avaliação do conforto térmico, foram desenvolvidos vários métodos e gráficos para a determinação de zonas de conforto humano. Como são muitos os parâmetros, o estabelecimento de um índice de conforto é uma forma de reduzi-los a um único parâmetro. Os fatores que influenciam no conforto são os ambientais e os individuais. Os ambientais são: a temperatura da radiação, temperatura do ar, velocidade do ar e umidade relativa. Os individuais são: a vestimenta e a atividade.

A Figura 02 apresenta um gráfico que permite conhecer as zonas de conforto ou bem estar no verão e no inverno, supondo que o ar esteja parado e partindo do conhecimento das temperaturas dos termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido (Macintyre, 1990).

De acordo com Olgyay (1963) a energia e saúde do homem dependem, em grande medida, dos efeitos diretos do seu ambiente. É uma experiência comum descobrir que, em alguns dias as condições atmosféricas estimulam e revigoram nossas atividades enquanto, em outros, elas deprimem o esforço físico e mental. Também é bem sabido que, em certas áreas climáticas onde há calor ou frio excessivo, a energia é diminuída pela tensão biológica resultante da adaptação a condições extremas.

Os elementos do clima, em especial a temperatura, a radiação, a umidade e o movimento do ar, atuam sobre a percepção térmica do homem. O homem utiliza dois mecanismos de regulação térmica para responder às exigências externas: um de caráter fisiológico (suor, variações do fluxo sanguíneo que percorre a pele, batidas cardíacas, dilatação dos vasos, contração dos músculos, arrepios e ereção dos pêlos) e outro de caráter comportamental (sono, prostração, redução da capacidade de trabalho).

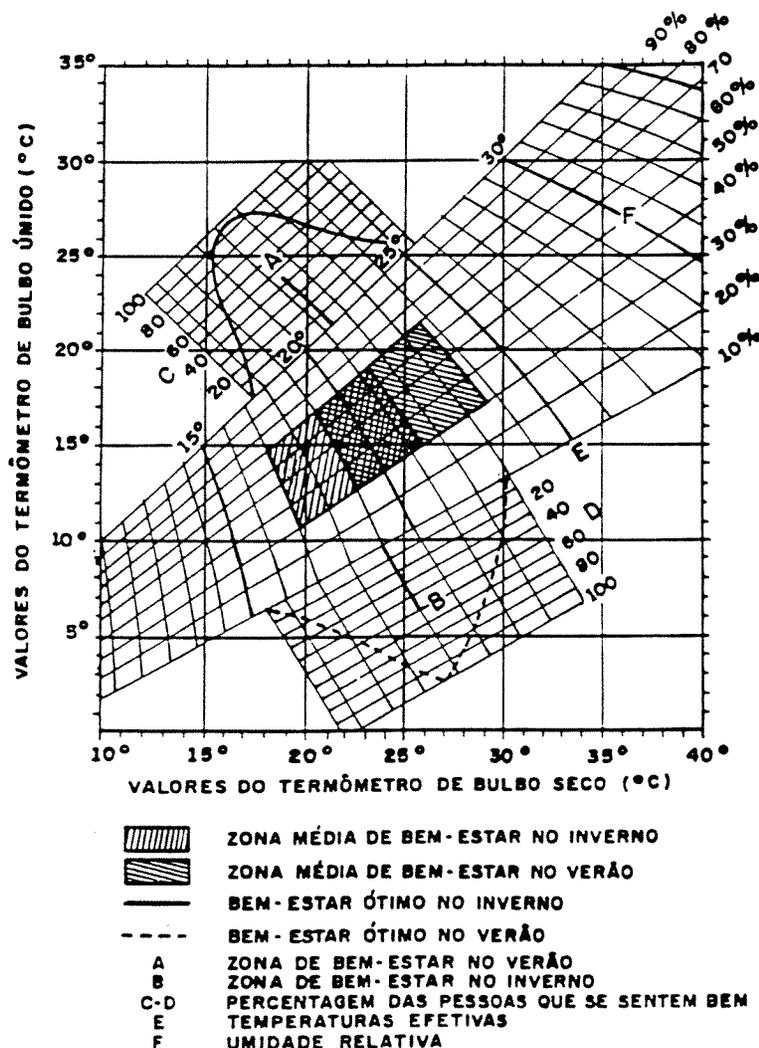


Figura 02 - Zonas de Conforto ou de Bem Estar.

Fonte: Macintyre, (1990).

Segundo Mascaró (1991), não é suficiente oferecer condições para que a temperatura do corpo se mantenha dentro de limites razoáveis, deve-se evitar circunstâncias prejudiciais aos processos de regulação térmica a partir do ponto que começam a interferir na execução das funções normais ou na manutenção da saúde.

Devendo o homem perder para o meio ambiente, na unidade de tempo, uma quantidade certa de calor em função da atividade que está exercendo, e dadas as condições ambientais que ora propiciam uma dissipação maior, ora uma menor do que a quantidade que está sendo produzida, torna-se necessária a existência de meios de controle que façam com que a dissipação se processe de maneira regular com a conseqüente variação nas condições do meio, Toledo (1973).

Os meios para a determinação do conforto térmico são instrumentos importantes para o estudo de técnicas de controle do meio ambiente. Têm sido desenvolvidos diversos métodos de avaliação do desempenho térmico dos ambientes, dentre os quais pode-se citar a carta bioclimática desenvolvida por Olgay, Figura 03, que serve como guia, para estimar os prováveis efeitos de diferentes condições ambientais.

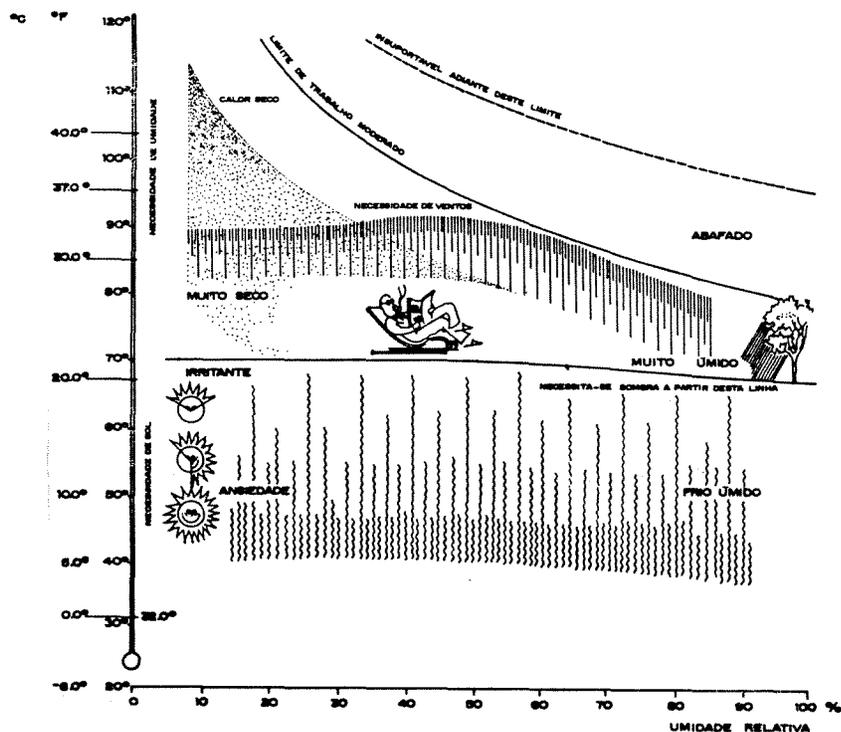


Figura 03 - Carta Bioclimática.

Fonte: Olgay, (1963).

A zona de conforto de uma pessoa, em repouso na sombra, se altera quando se verifica movimento do ar ou quando ele se exercita ou permanece ao sol, como é ilustrado na Figura 04. Os modelos, em síntese, mostram que, quando as condições higrotérmicas (temperatura mais umidade) provocam uma tensão positiva (calor), o movimento do ar em torno do corpo das pessoas modifica o índice de conforto alcançado.

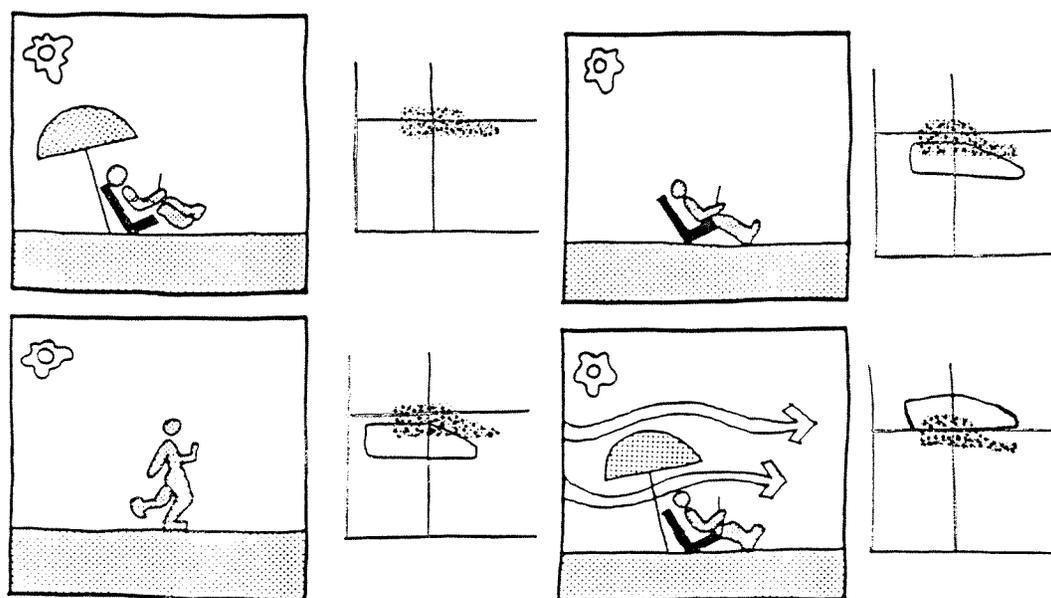


Figura 04 - Fatores que Alteram uma Zona de Conforto.

Fonte: Romero (1988).

Podemos observar que o resfriamento do corpo humano é proporcionado pelo movimento do ar, que tem como consequência resfriar a pele, onde a camada de ar retira a camada saturada próxima à pele, facilitando a evaporação do suor. Assim, o movimento do ar tem funções distintas no verão e no inverno. Auxilia no alívio da sensação de calor no verão mas causa a sensação de frio no inverno. Deve-se lembrar no entanto, que existem limites no alívio da sensação de calor propiciado pela ventilação. Com temperaturas do ar acima de 30°, estas sensações de alívio desaparecem, relacionadas diretamente à impossibilidade de enquadramento dentro da zona de conforto da carta bioclimática.

Alamar (1968) propõe que sejam adotados valores limites de velocidade do ar no interior das edificações em períodos de inverno e verão, conforme a Tabela 03. Os padrões de conforto expressos acima são possíveis de se obter através da compensação feita entre o movimento do ar, a temperatura e a umidade relativa do ar, de modo a obter-se uma sensação térmica equivalente com diversas combinações dessas variáveis.

Período do ano	Velocidade do ar interior (m/s)	Sensação
Inverno	< 0,10	desagradável
	0,10 - 0,20	agradável
	> 0,20	desagradável
Verão	< 0,20	desagradável
	0,20 - 0,55	agradável
	0,55 - 1,10 ⁽⁰¹⁾	agradável para curta permanência
	> 1,10	desagradável

Tabela 03 - Limites de Velocidade do ar no Interior das Edificações nos Períodos de Inverno e Verão.

Fonte: Alamar, (1968).

Essa equivalência de sensações está indicada no gráfico da Figura 05, proposto pelo ASHRAE (1977). Nesse gráfico pode-se observar que a mesma sensação, expressa pela temperatura efetiva, pode ser conseguida com um ambiente a uma temperatura de bulbo seco de 30°C, ar praticamente parado e temperatura de bulbo úmido de 20,5°C (45% de umidade relativa).

Isto também pode ser atingido em outro ambiente com temperatura de bulbo seco de 30°C, velocidade do ar interior de 3,5 m/s (desagradável) e temperatura de bulbo úmido de 28°C (85% de UR) (Alucci, 1983).

Apesar de não ter sido desenvolvido a partir de experimentos com pessoas aclimatadas em condições brasileiras, o índice de conforto descrito no ábaco (ASHRAE, 1977) pode nos auxiliar como referência para a determinação inicial de critérios para o dimensionamento da vazão mínima de ar para uma habitação.

Os valores da velocidade do ar interior recomendados para atender as exigências de conforto higrotérmico dos usuários, são propostos em função da temperatura e umidade relativa do ambiente. Foi considerada a temperatura efetiva de 23,5 °C como de conforto.

⁽⁰¹⁾ pode ser desagradável para pessoas em atividade sedentário.

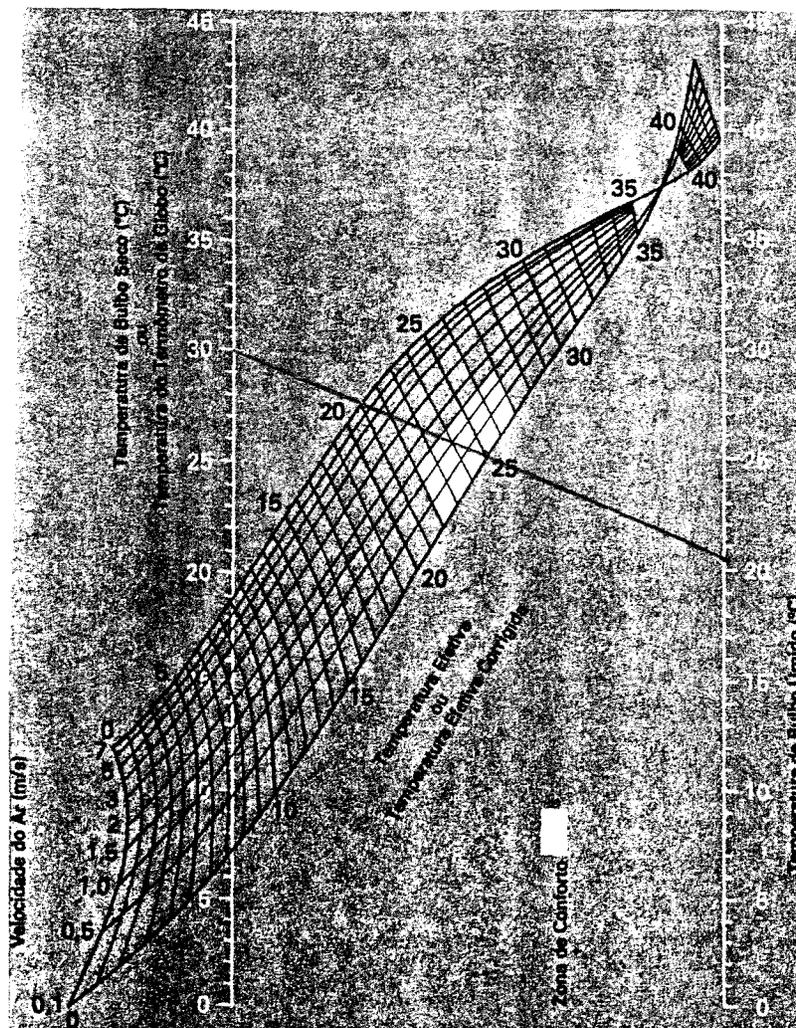


Figura 05 - Nomograma de Temperatura Efetiva para Pessoas Normalmente Vestidas, em Trabalho Leve.

Fonte: Koenigsberger, (1977).

É importante ressaltar que a verificação do índice de desconforto na edificação deve ser feita dentro da zona de ocupação de cada ambiente, ou seja, zonas situadas a 2m do piso e a 0,20 m das paredes (Alucci, 1983). Na Figura 06 podemos verificar um esboço desta situação.

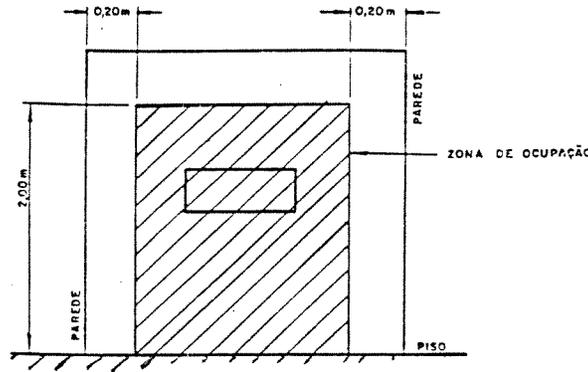


Figura 06 - Esboço para Verificação do Índice de Desconforto na Habitação, dentro da Zona de Ocupação.

Fonte: Alucci, (1983)

O grau de conforto ou desconforto de um ambiente pode ser verificado pelo método proposto por Fanger (1970). Para isso, Fanger estabeleceu a seguinte escala de sensação térmica:

- 3: muito frio
- 2: frio
- 1: leve sensação de frio
- 0: confortável (neutralidade térmica)
- +1: leve sensação de calor
- +2: quente
- +3: muito quente

Os parâmetros de conforto considerados neste método são: a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a velocidade relativa do ar (velocidade do ar em relação ao indivíduo), temperatura radiante média do ambiente, vestimenta trajada pelo indivíduo e o metabolismo do indivíduo (função de atividade).

Para o dimensionamento do grau de afastamento da neutralidade térmica em função dos parâmetros de conforto, foi estabelecido um índice denominado “índice de atividade térmica” (IAT). O índice foi definido como sendo a diferença entre a energia gerada internamente no corpo (atividade) e o calor trocado pela pele sob condições de neutralidade térmica (mesma atividade e mesmo ambiente).

Com as experiências realizadas com centenas de indivíduos na Universidade de Kansas (EUA) e, através dos votos dos indivíduos sobre sensações térmicas, Fanger obteve um valor denominado “voto médio estimado” (VME). O voto médio estimado demonstra a sensação térmica média das pessoas de um dado ambiente. Na grande maioria dos casos, ocorre uma variação na sensação térmica sentida pelos indivíduos de um mesmo ambiente. Desta forma, Fanger estabeleceu, através de análise estatística dos resultados obtidos com um grupo de 1296 indivíduos, a “porcentagem de pessoas insatisfeitas” (PPI).

Esta porcentagem relacionada com o voto médio estimado, pode ser obtida através da Figura 07.

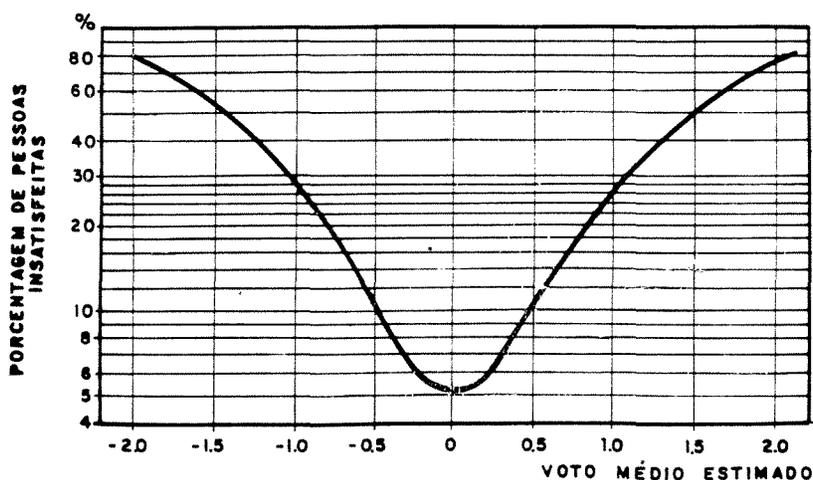


Figura 07 - Relação entre o Voto Médio Estimado e a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas.

Fonte: Fanger (1970).

2.1.2.3. A Ventilação e o Resfriamento Estrutural

A temperatura interna num ambiente sem ventilação depende da temperatura externa, da temperatura das superfícies internas e flutua em torno da média das temperaturas das superfícies externas. Estas, por sua vez, são relacionadas à cor, devido ao efeito da radiação solar incidente, sendo maiores quanto mais escuras forem as paredes. Quando o ambiente é ventilado, porém, o ar que penetra no ambiente vindo do exterior, a uma dada temperatura, mistura-se com o ar interior, que se encontra a uma temperatura diferente, provocando uma troca de calor com as superfícies internas. Se a temperatura externa for mais baixa que a interna, obtém-se o chamado resfriamento estrutural.

O excesso de calor acumulado no interior das edificações provém das atividades ali desenvolvidas (pessoas, fogão, chuveiro, etc) e, do ganho de carga térmica proveniente da radiação solar. Este excesso pode ser eliminado pela ventilação natural.

De acordo com Van Straaten (1967), o excesso de calor liberado dentro de espaços ocupados, combinado com o ganho líquido de calor através de vários elementos estruturais, particularmente no verão, contribui consideravelmente para o desconforto térmico e o excesso de calor deve, tanto quanto possível, ser removido pela ventilação

A taxa de ventilação exigida para remover a carga térmica acumulada nos ambientes, ao ser dimensionada, deve levar em consideração a diferença entre a temperatura do ar externo e do ar interno (Alucci, 1983). A Figura 08 mostra os valores de vazão de ar recomendados para eliminar as cargas térmicas do ambiente devido as pessoas e em função da diferença de temperatura entre o ar exterior e interior. Quanto menor a diferença entre as temperaturas exteriores e interiores, menor será a taxa de vazão de ar necessária para remover o calor acumulado pelos usuários (Alucci, 1983). As pessoas foram consideradas em atividade moderada, e a temperatura ambiente de 32°C e 29°C.

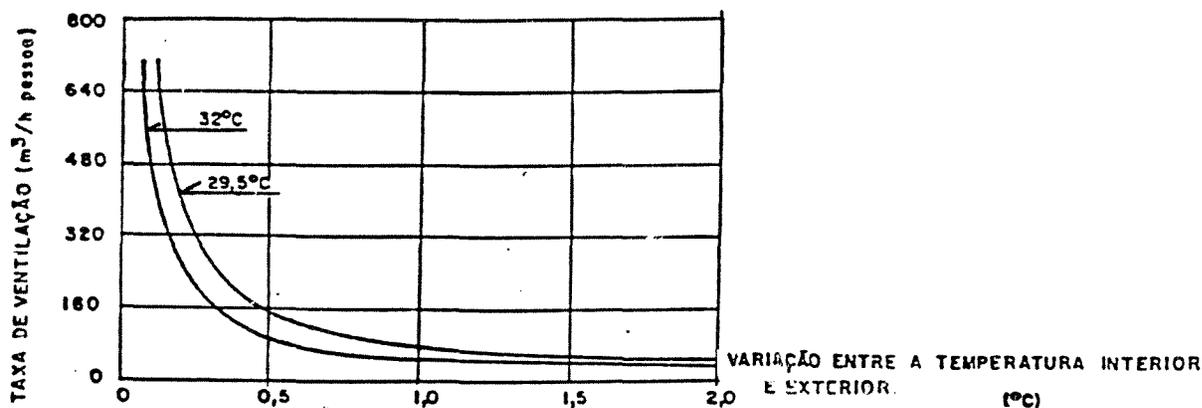


Figura 08 - Taxa de Ventilação x Variação entre a Temperatura no Interior e no Exterior dos Ambientes.

Fonte: Van Straaten (1967).

A vazão mínima (ϕ) necessária para uma habitação para um dia típico de verão é dada por:

$$\phi = \frac{Q}{\rho * c * (t_i - t_e)} \quad \text{Eq. 01}^{(02)}$$

(2) esta vazão deve ser estimada para o dia típico de verão, representado no gráfico da Figura 08.

onde:

ϕ = vazão de ar necessária para garantir a diferença de temperatura ($t_i - t_e$);

Q = carga térmica acumulada no interior da habitação;

ρ = densidade do ar média - em kg/m^3 ;

c = calor específico do ar.

A carga térmica acumulada no interior da habitação (Q) é estimado pela equação:

$$Q = Q_c + Q_{fi} \quad \text{Eq. 02}$$

onde:

Q_{fi} = calor acumulado devido a fontes internas;

Q_c = calor transferido ao meio por convecção; pode ser estimado pela equação:

$$Q_c = h_c * (\theta I - t_i) \quad \text{Eq. 03}$$

onde:

h_c = coeficiente de condutância superficial por convecção

O coeficiente de condutância depende da diferença entre a temperatura do ar (t_i) e da superfície dos componentes (θI), conforme mostra a Tabela 04. Esses valores de h_c são para ar calmo e para uma superfície vertical rugosa.⁽⁰³⁾

$(\theta I - t_i) - ^\circ\text{C}$	1	2	3	5	10	15	20	30
$h_c - (\text{W/m}^2\text{°C})$	2,0	2,3	2,6	3,9	3,5	3,8	4,2	4,6

Tabela 04 - Coeficiente de Condutância da Superfície dos Componentes.

Fonte: Dreyfus (1960).

O calor acumulado por fontes internas (Q_{fi}) depende das atividades desenvolvidas no interior e a presença de fontes geradoras de calor. Para efeito de cálculo de Q_{fi} quanto às cargas devidas as demais funções exercidas na habitação, pode-se adotar um valor médio da ordem de 460 kcal/h ⁽⁰⁴⁾ (Alucci, 1983).

⁽⁰³⁾ Para superfícies horizontais, multiplicar os valores da tabela por 0,67 (fluxo descendente) e por 1,33 (fluxo ascendente)

⁽⁰⁴⁾ Este valor corresponde a uma habitação típica com aproximadamente 90 m^2 e 5 pessoas (3 adultos e 2 crianças).

Estimar o excesso de carga térmica acumulada no interior de uma habitação⁽⁰⁵⁾, possibilita a determinação da ventilação que será necessária para a remoção desta carga, fixando a diferença de temperatura aceitável entre o interior e o exterior da habitação ($t_i - t_e$).

Uma única vazão mínima de ar não garante o atendimento da exigência estabelecida para diferenças entre temperaturas internas e externas, pois o calor acumulado no interior da edificação depende da solução dada a cada projeto, do material utilizado, da configuração do espaço e da radiação solar característica daquela região. Por isso, estabeleceu-se uma correlação entre Q (calor acumulado) e a vazão de ar mínima necessária que deverá ser atendida (Alucci, 1983):

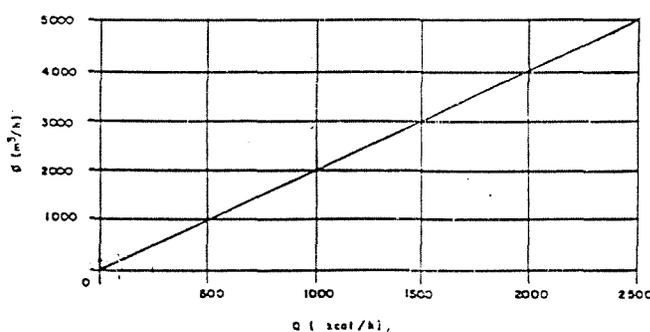


Figura 09 - Correlação entre a Carga Térmica Total Acumulada no Interior da Habitação no Período de 1 hora e a Vazão Mínima Recomendada para garantir uma Diferença de Temperatura entre o Exterior e Interior de 1°C.

Fonte: Alucci, (1983).

⁽⁰⁵⁾ Esse cálculo deve ser feito para horário em que a temperatura do ar exterior é mais elevada (aproximadamente às 14 hs).

2.3. Estudo do Fenômeno da Ventilação

Para compreender o fenômeno e a necessidade da ventilação natural em edificações, deve-se trabalhar com os conceitos de conforto térmico. Este conforto está intimamente relacionado ao clima de um local, o qual define as exigências projetuais.

2.3.1. Elementos Climáticos

Segundo Olgyay (1963) o clima é uma junção das variáveis meteorológicas. Num dado momento os elementos aparecem em combinação e a determinação da sua relativa importância no efeito térmico, é complexa. Com isso, as soluções arquitetônicas para problemas climáticos individuais devem, naturalmente, se fundir de forma similar numa estrutura balanceada climaticamente.

De acordo com Givoni (1976) os elementos climáticos são a radiação solar, a radiação de ondas longas para o céu, temperatura do ar, umidade do ar, vento, condensação e precipitação:

RADIAÇÃO SOLAR: A radiação solar é a energia transmitida pelo sol sob a forma de ondas magnéticas. À medida que a radiação penetra na atmosfera terrestre, sua intensidade é reduzida e sua distribuição espectral é alterada em função da absorção, reflexão e difusão dos raios solares pelos diversos componentes do ar. A intensidade da radiação depende da densidade do ar através do qual os raios devem passar. A quantidade de energia solar incidente depende também da transparência da atmosfera em relação às nuvens e da pureza do ar.

PERDA DE CALOR POR RADIAÇÃO DE ONDAS LONGAS: A superfície da Terra emite radiação de ondas longas para a atmosfera e para o espaço. A intensidade da radiação emitida, de acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann, é proporcional à diferença entre a quarta potência das temperaturas absolutas dos pontos emissor e absorvedor. Assim, depende da diferença entre as temperaturas da superfície da Terra e o meio que absorve esta radiação (na atmosfera ou no espaço). Radiação de ondas longas também é emitida em todas as direções pelos gases na atmosfera e, destes, a Terra absorve os componentes direcionados para baixo.

Os gases componentes da atmosfera absorvem e emitem energia radiante de forma seletiva. A maior parte da radiação de ondas longas emitida é absorvida no ar. Dos gases atmosféricos, o vapor d'água é o principal absorvedor de radiação de ondas longas.

TEMPERATURA DO AR: O sol ilumina de forma desigual as várias partes da superfície da terra e este fato, associado aos diferentes coeficientes de absorção da radiação solar dos diferentes tipos de solos e água da superfície da terra, ocasiona uma desigual distribuição da energia solar. Os efeitos causados são o aparecimento dos movimentos de massa de ar e de águas (correntes marinhas) e as trocas de matéria e energia entre o ar, o mar e a terra. A relação entre as taxas de aquecimento e esfriamento da superfície da terra é o fator determinante da temperatura do ar.

UMIDADE DO AR: O vapor d'água contido no ar origina-se da evaporação natural da água, da evapotranspiração dos vegetais e de outros processos de menor importância. A capacidade do ar de absorver vapor d'água aumenta com a temperatura. A distribuição do vapor sobre a terra não é uniforme, sendo em média maior nas zonas equatoriais e menor nos pólos, acompanhando os padrões anuais de radiação e temperatura.

VENTO: O movimento do ar é resultado das diferenças de pressão atmosférica causadas pela influência direta da temperatura do ar. O ar se movimenta horizontalmente e verticalmente. O movimento horizontal é originário das diferenças térmicas num sentido global do planeta e num sentido local das diferenças de temperatura em terra firme: vale/montanha, cidade/campo. O deslocamento vertical se dá dentro da troposfera (camada inferior da atmosfera) em função do perfil de temperatura que se processa.

CONDENSAÇÃO E PRECIPITAÇÃO:

Condensação: Quando o ar, contendo uma dada quantidade de vapor de água, é resfriado, sua capacidade de reter umidade diminui, aumentando a umidade relativa até que se torne saturado. A temperatura em que ocorre a saturação é conhecida como ponto de orvalho. O ponto de orvalho a uma dada pressão atmosférica depende apenas da pressão de vapor do ar. Qualquer resfriamento abaixo do ponto de orvalho causa condensação do vapor em excesso.

O resfriamento do ar pode ser afetado por três processos: contato com superfícies mais frias, mistura com ar mais frio e expansão associada com correntes de ar ascendentes (resfriamento adiabático). Os dois primeiros processos resultam em formação de orvalho e neblina; o terceiro é o único que pode causar precipitação em larga escala.

Precipitação: A evaporação das águas de superfície leva à formação de nuvens que redistribuem a água na forma de chuva ou outras precipitações. Esta água flui através de córregos, rios e outros voltando para o oceano completando assim o que podemos chamar de ciclo hidrológico. A redistribuição à terra da água evaporada para a atmosfera, pode ocorrer de várias formas: superficiais (orvalho, geada), precipitações sob forma líquida (chuva) e sólida (neve, granizo). As precipitações se dão a partir da condensação do vapor d'água na atmosfera, na forma de nuvens.

2.3.2. O Vento como Elemento Climático.

Como já foi destacado, os elementos climáticos representam os valores relativos à caracterização de cada tipo de clima, e são: a temperatura do ar, a umidade do ar, as precipitações e os movimentos do ar. A seguir é analisado o movimento de ar como objeto de estudo.

A distribuição sazonal das pressões atmosféricas no globo terrestre é o principal determinante das características e direções do vento (Frota e Schiffer, 1995). A pressão atmosférica é a ação exercida pela massa de ar existente nas superfícies. Sua variação pode ser explicada, entre outros fatores, pelo aquecimento e esfriamento das terras e mares, pelo movimento de rotação da Terra e pelo gradiente de temperatura. Esta variação da temperatura no globo provoca deslocamentos das massas de ar. Sobre cada hemisfério existem cintos de alta e baixa pressão, que podem ser cíclicos ou permanentes. O cinto equatorial é de baixa pressão e se mantém durante todo o ano. Nas latitudes tropicais existem cintos de alta pressão em ambos os hemisférios, se deslocando, no verão, na direção dos pólos e, no inverno, em direção ao Equador. Nas regiões polares existem regiões de alta pressão que são permanentes e menores do que os cintos na região subtropical.

Os ventos alíseos, importantes para o Brasil, são originários das regiões subtropicais de alta pressão nos dois hemisférios, que se situam entre 30° e 35° de latitude, dirigindo-se para SO no hemisfério norte e NO no hemisfério sul, formando o cinto de calmas equatoriais de baixa pressão ao longo do Equador (Frota e Schiffer, 1995).

Três são os cintos globais de ventos em cada hemisfério: os alíseos, os de oeste e os polares (Figura 10).

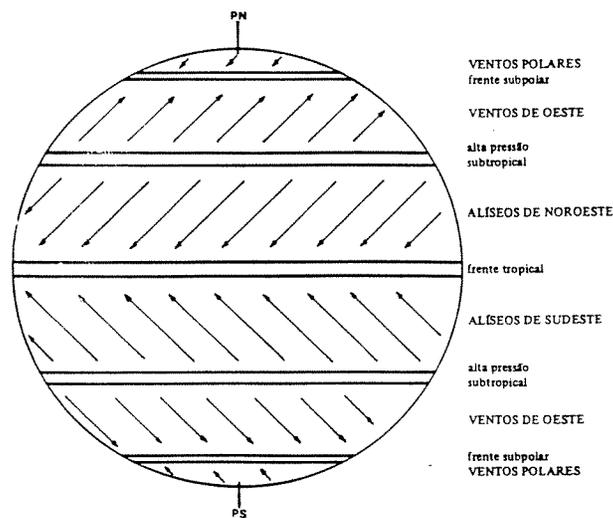


Figura 10 - Diagrama dos Ventos no Globo Terrestre.

Fonte: Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew e Szokolay (1977).

Os ventos do oeste, originários de regiões subtropicais, deslocam-se através das regiões subárticas de baixa pressão. Os ventos polares são formados por massas de ar frio nas regiões polares e árticas de alta pressão. Estas correntes de ar, em locais específicos, sofrem alterações em virtude da topografia, diferença de temperatura ocasionada pelos diversos revestimentos da superfície e, também, alteram-se pela vegetação.

2.3.3. Formação de Zonas de Baixa Pressão e Sucção.

A ventilação e o meio externo são de grande importância para o projeto do edifício, pois devem auxiliar a definir a forma, o volume, a localização e o detalhamento. A localização relativa dos edifícios - levando em consideração a medida máxima, comprimento, largura, altura e sua orientação em direção do vento - será de fundamental importância para a ventilação natural do meio externo (Mascaró, 1991). As características de um projeto podem resultar nas formações de zonas de pressão. Assim, são de responsabilidade do projetista os efeitos negativos e positivos que possam vir a ocorrer no projeto, relacionados com a questão da ventilação natural. Os efeitos podem ser provocados por efeitos aerodinâmicos no edifício e/ou pela presença ou não de prédios ao redor dos mesmos.

A relação da forma e tamanho da zona de baixa pressão ou sucção, depende da forma e tamanho dos grupos de edifícios demonstrada pelos exemplos a seguir (Mascaró, 1991):

1. Conforme se aumenta a profundidade do edifício (Figura 11), a profundidade da zona de baixa pressão diminui até que a primeira atinja $2A$. A partir desse valor, qualquer aumento na profundidade do edifício não altera o tamanho da zona de sucção. Mas, à medida que diminui a profundidade do edifício, a profundidade da zona de sucção aumenta.

2. Quanto mais alto for o edifício, maior profundidade terá a zona de baixa pressão. Comparando-se um edifício baixo com um alto, a forma de distribuição do fluxo de ar e a quantidade de ar são mostrados na Figura 11.

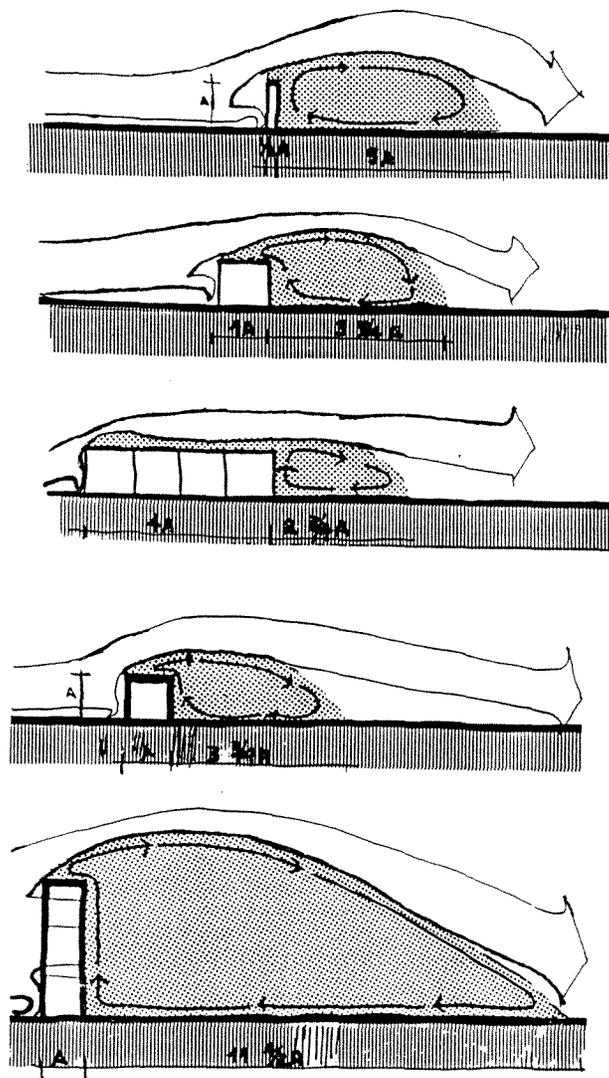


Figura 11 - Profundidade do Fluxo de Ar em Relação ao Formato das Edificações.

Fonte: Mascaró, (1991).

3. A profundidade da zona de sucção corresponde à altura do telhado e pode variar com o ângulo de inclinação do mesmo. Uma inclinação maior do telhado aumenta a profundidade da zona de sucção, tendo seu tamanho determinado pela posição mais baixa ou mais alta da borda do telhado em relação ao vento.

4. A zona de sucção será mais profunda, quanto maior for o comprimento do edifício.

Figura 12.

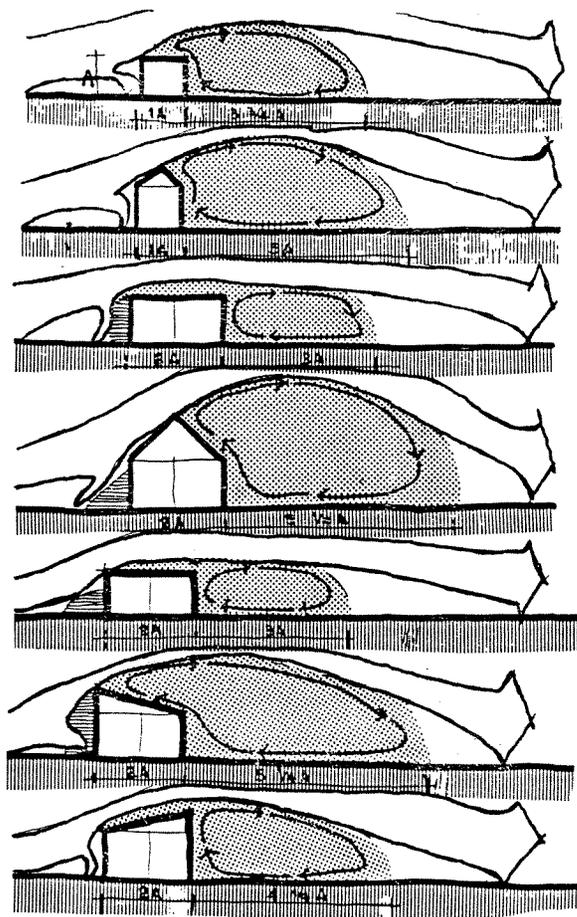


Figura 12 - Profundidade do Fluxo de Ar / Inclinação do Telhado.

Fonte: Mascaró, (1991).

5. A relação da profundidade com as placas horizontais localizadas em um lado ou nos dois, é mínima. Em telhados inclinados a influência das placas é considerada não muito significativa. O efeito das placas é mais sensível quando a placa estiver localizada com vento chegando perpendicularmente a ela, (Figura 13).

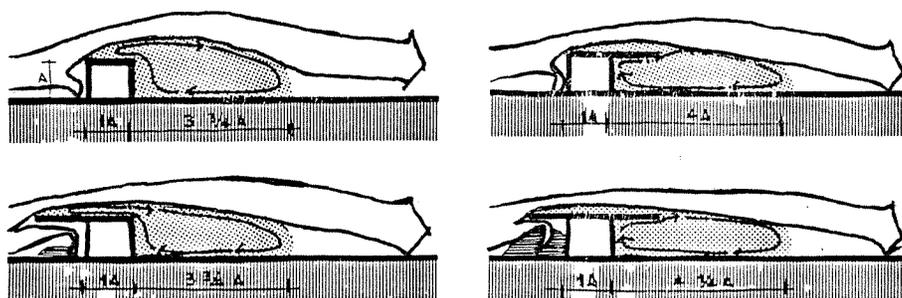


Figura 13 - Profundidade do Fluxo de Ar / Placas Horizontais.

Fonte: Mascaró, (1991).

6. Na Figura 14, podemos observar em planta as zonas de sucção, tanto ao posicionamento de um edifício perpendicular à direção do vento quanto na inclinação de 30°, na qual a zona de baixa pressão diminui devido às aberturas para condições de verão na face que recebe o vento principal.

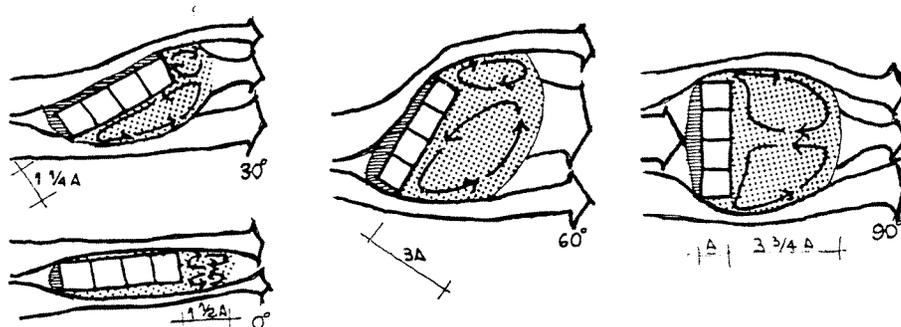


Figura 14 - Profundidade do Fluxo de Ar / Influência de Aberturas.

Fonte: Mascaró, (1991).

7. Edifícios alocados perpendicularmente à direção do vento, proporcionam uma zona de sucção maior que os de ângulo menor. Os desenhos da Figura 15 demonstram esta relação.

Segundo Evans e Schiller, (1988) é muito importante a configuração espacial do conjunto de edifícios em virtude do movimento do ar exterior que proporcionará o movimento de ar interior. O movimento sensível do ar interior é o resultado da diferença de pressão entre as faces opostas de um edifício (ventilação cruzada). Quando o edifício recebe ação do vento, formam-se zonas de pressão negativa e positiva. O vento, desviando-se de um edifício, volta ao solo a uma distância considerável formando uma “sombra de vento”. Esta “sombra de vento” é uma zona de pressão negativa, que reduz a velocidade do vento.

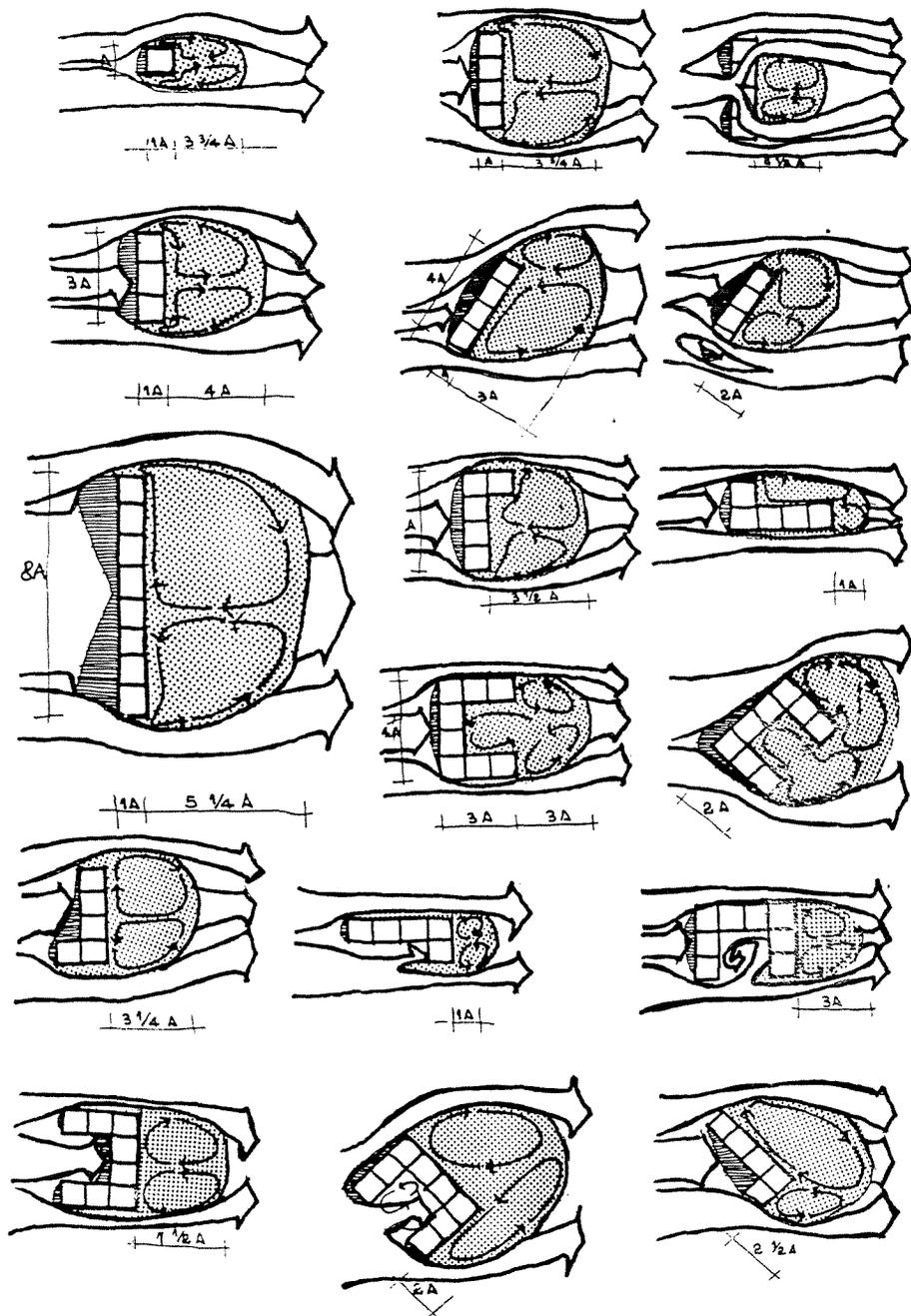


Figura 15 - Profundidade do Fluxo de Ar / Edifícios Perpendiculares à Direção do Vento.

Fonte: Mascaró, (1991).

Na Tabela 05 podemos verificar um resumo da extensão da sombra do vento segundo a forma do edifício:

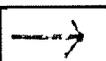
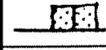
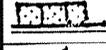
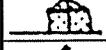
Sombra de Vento Segundo a Forma (múltiplos de H - altura)						
Corte do edifício		L - largura do edifício				
	Direção do edifício	2H	4H	8H	16H	24H
	Altura = Largura	2,5	3,75	5,25	8	8,75
	Altura = 2 x Largura	2	2,75	3,75	6	7
	Altura = 3 x Largura	2,25	3,25	4,25	5,75	5,5
	2 x Altura = Largura	2,5	4	6	8	9
	3 x Altura = Largura	2,25	3,75	5,5	6,25	7
	Telhado 2 águas 45°	1,5	2,5	4,5	6,5	7,5
	Telhado 2 águas 30°	2	2,5	4	6,25	8,25
	Telhado inclinado 15°	2	3,25	5	8,75	10,75
	Telhado inclinado 15°	2,5	4	6,5	9	11,5

Tabela 05 - Sombra de Vento segundo a Forma do Edifício.

Fonte: Evans e Schiller, (1988).

Considerando as condições de clima quente e úmido, o movimento de ar interior e exterior deve ser levado em consideração, pois o movimento de ar exterior é o que promove o movimento natural necessário ao meio interior. Devemos ressaltar que, com temperaturas relativamente altas, o fluxo de ar advindo do exterior produz uma sensação de “ar quente”. Desta forma recomenda-se manter as janelas fechadas mantendo o conforto através do auxílio de equipamentos de refrigeração.

A velocidade do vento, sendo baixa ou alta, proporciona sensações e impactos diferentes. O movimento de ar pode ocasionar sensações como: facilitar a evaporação sobre a pele, remoção de odores, auxílio no refrescamento em climas quentes e úmidos mas, também, pode provocar desconforto em relação ao movimento de papéis, folhas, poeiras, calor, entre outros.

Na Tabela 06, a Escala de Beaufort nos mostra a velocidade do vento e seus impactos, correspondendo a medições realizadas a uma altura de 10 metros acima do solo (Evans e Schiller, 1988):

Escala de Beaufort	Velocidade		Impacto no homem, nos edifícios e na vegetação
	m/s	km/h	
0. Calma	0,0 - 0,5	0,0 - 0,9	sensação de refrescamento
1. "Ventolina "	0,6 - 1,5	1 - 6	movimento perceptível por efeito de resfriamento
2. Brisa suave	1,6 - 3,3	6 - 11	sensação de ar sobre o rosto, movimento de folhas
3. Brisa leve	3,4 - 5,4	12 - 19	movimento dos cabelos, inicia-se um dado desconforto, folhas e bandeiras estendidas se movimentam
4. Brisa moderada	5,5 - 7,9	20 - 28	desconforto, levanta poeira e movimenta pequenos galhos
5. Vento regular	8,0 - 10,7	29 - 38	sente-se a força do vento sobre o corpo, folhas das árvores em pequenos movimentos
6. Vento forte	10,8 - 13,8	39 - 49	ruído de vento nas orelhas, dificulta caminhar, levanta areia e neve, galhos em movimento
7. Vento muito forte	13,9 - 17,1	50 - 61	árvores em movimento, inconveniente para caminhar contra o vento
8. Temporal	17,2 - 20,7	62 - 74	quebra pequenos galhos
9. Temporal forte	20,8 - 24,4	75 - 87	proporciona o desequilíbrio das pessoas, danos leves à edifícios, telhas são levantadas
10. Temporal muito forte	24,5 - 28,4	88 - 102	movimentos praticamente impossíveis, danos estruturais à edifícios.
11. Tempestade	28,5 - 32,6	103 - 117	árvores derrubadas
12. Furacão	> 32,6	> 117	danos extensos à edificações

Tabela 06 - Escala de Beaufort.

Fonte: Evans e Schiller, (1988).

3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL

Uma vez estabelecidas as exigências de ventilação em edificações, devem ser aplicadas avaliações variadas durante o processo projetual arquitetônico. Para a avaliação da ventilação natural existem vários métodos. Estes métodos são baseados em experimentos empíricos de tamanho real ou maquetes reduzidas, cálculos baseados nas teorias do mecanismo da ventilação e simulações de situações específicas que, na sua maioria, apoiam-se em modelos matemáticos informatizados.

O objetivo principal destas avaliações da ventilação é a representação e o dimensionamento do fluxo do ar em recintos internos, com relação ao tamanho e formato do ambiente, localização, área e tipologia das aberturas e as condições externas físicas e de clima.

3.1. Métodos de Cálculo

Para a análise da ventilação natural nos edifícios, podemos destacar, segundo Frota e Schiffer (1995), que a diferença de pressões exercidas pelo ar sobre um edifício pode ser causada pelo vento ou pela diferença de densidade do ar interno e externo, ou por ambas as forças agindo simultaneamente.

A força dos ventos promove a movimentação do ar através do ambiente, produzindo a ventilação denominada **ação dos ventos**. O efeito da diferença de densidade provoca o chamado **efeito chaminé**. Assim, a ventilação natural dos edifícios se faz através desses três mecanismos:

1. Ventilação por ação dos ventos;
2. Ventilação por efeito chaminé;
3. Ventilação simultânea: Chaminé e Ação dos Ventos.

Quando a ventilação natural de um edifício é criteriosamente estudada, verifica-se a conjugação dos mecanismos por ação do vento e por efeito chaminé. No entanto, a simultaneidade dos processos pode resultar na soma das forças, ou pode agir em contraposição e prejudicar a ventilação dos ambientes. Desta forma é necessário analisar em cada caso os mesmos mecanismos.

3.1.1. Método de Cálculo para Determinação da Ventilação por Ação dos Ventos.

A ventilação natural por ação dos ventos promove a movimentação do fluxo de ar nos ambientes. Diferenças de pressões exercidas sobre o edifício podem ser causadas pela ação dos ventos, Frota e Schiffer (1995).

O vento, considerado aqui como o ar que se desloca paralelamente ao solo em movimento lamelar, ao encontrar um obstáculo - o edifício - sofre um desvio de seus filetes e, ultrapassando o obstáculo, tende a retornar o regime lamelar (Figura 16). Podemos observar que as paredes expostas ao vento estarão sujeitas a pressões positivas, enquanto as paredes não expostas ao vento e à superfície horizontal superior, estarão sujeitas a pressões negativas.

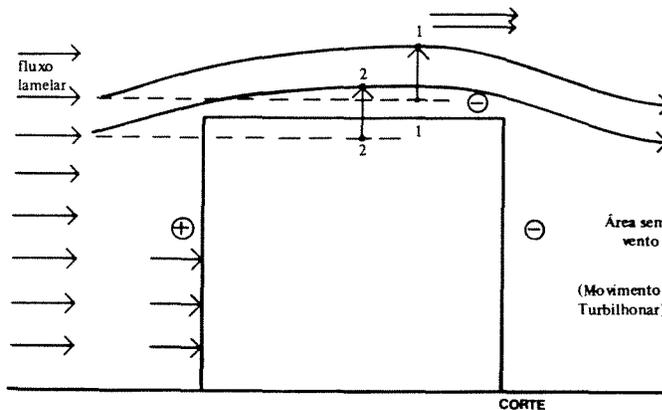


Figura 16 - Ventilação por Ação dos Ventos - Distribuição das Pressões.

Fonte: Frota e Schiffer (1995).

Essa situação proporciona condições de ventilação no ambiente pela abertura de vãos em paredes sujeitas a pressões positivas para entrada de ar e em paredes sujeitas a pressões negativas para a saída de ar (Figura 17).

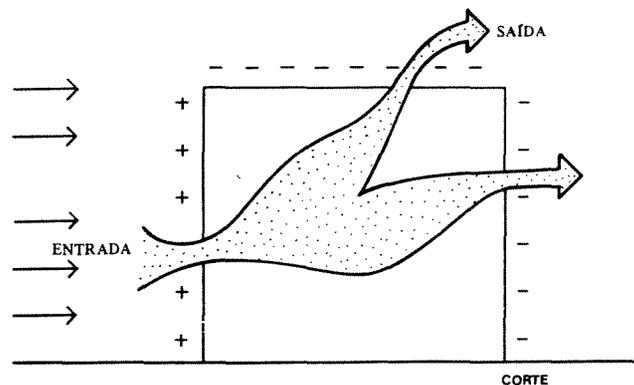


Figura 17 - Ventilação por Ação dos Ventos.

Fonte: Frota e Schiffer (1995).

O fluxo da ventilação devido à ação dos ventos pode ser calculado pela seguinte equação:

$$\phi_v = c_a \times A_0 \times v \sqrt{(c_e - c_s)} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad \text{Eq. 04}$$

onde:

- ϕ_v = fluxo ou vazão de ar pela ação dos ventos (m³/s);
- c_a = coeficiente de perda de carga por ação dos ventos (0,6);
- A_0 = área equivalente das aberturas (m²);
- v = velocidade do vento externo resultante na abertura (m/s);
- c_e = coeficiente de pressão da abertura de entrada de ar;
- c_s = coeficiente de pressão da abertura de saída de ar.

Referente ao A_0 , será função das áreas das aberturas de entrada e de saída do ar, dentro da seguinte relação:

$$\frac{1}{A_0^1} = \frac{1}{A_s^2} + \frac{1}{A_e^2} \quad \text{Eq. 05}$$

onde:

- A_e = área da abertura de entrada (m²);
- A_s = área da abertura de saída (m²).

No caso de o vento não ser normal à abertura, a seguinte equação para obter o valor de v :

$$v = v_0 \times \cos\theta \quad (\text{m/s}) \quad \text{Eq.: 06}$$

onde:

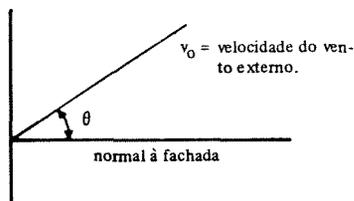


Figura 18 - Esquema para obter o Valor de v quando o Vento não é Normal à Abertura.

Fonte: Frota e Schiffer (1995).

Quanto aos coeficientes c_e e c_s existem alguns estudos, através de modelos, que fornecem seus valores para edifícios de seção quadrada, sujeitos às alterações provenientes da presença de anteparos (Figuras 19 a e b).

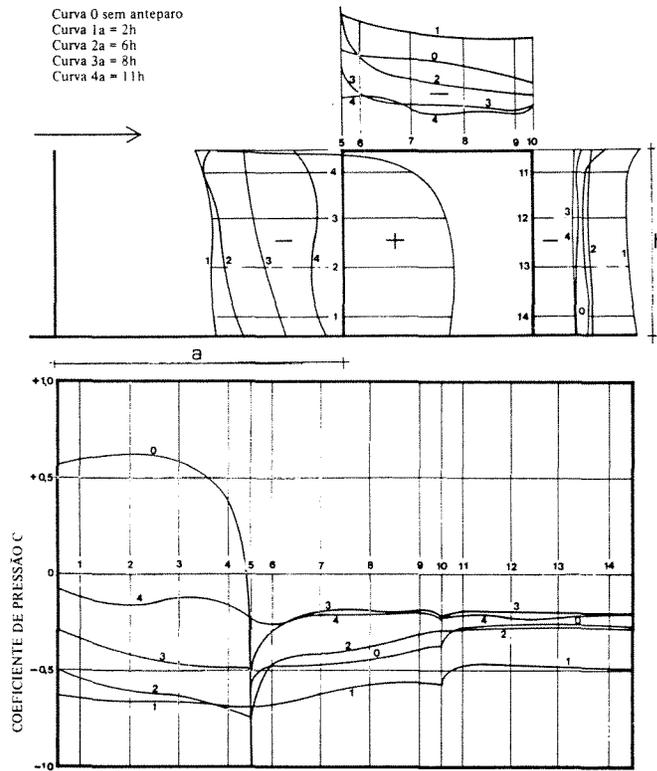


Figura 19 a - Gráfico de Irminger e Nokkentued para Determinação dos Coeficientes de Pressão para Modelos de Seção Quadrada com Antepeço Maciço com Altura=h.

Fonte: Frota e Schiffer (1995).

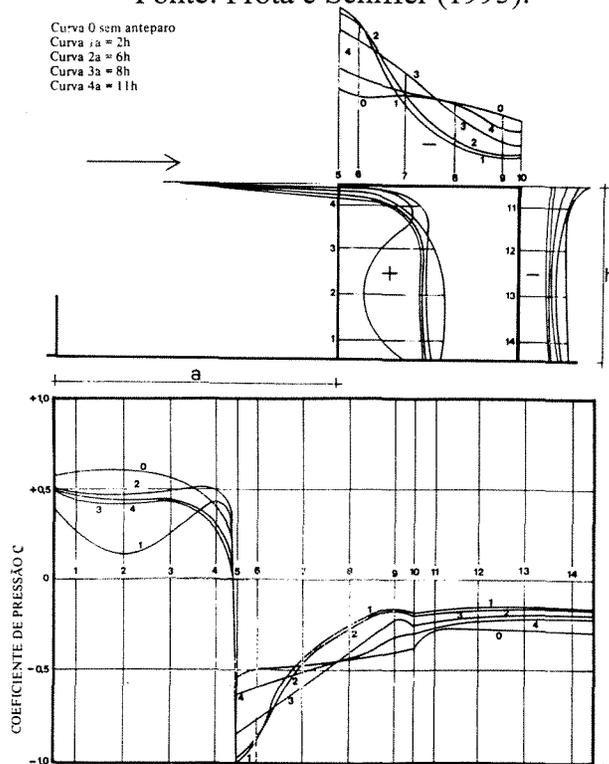


Figura 19 b - Gráfico de Irminger e Nokkentued para Determinação dos Coeficientes de Pressão para Modelos de Seção Quadrada com Antepeço Maciço com Altura=1/3 h.

Fonte: Frota e Schiffer (1995).

Obstáculos produzidos por construções vizinhas, muros, ou mesmo vegetação, podem inverter este sentido, modificando as pressões de ar sobre as superfícies externas (Figura 20). As inversões de sentido do fluxo interno podem levar odores, vapores, poeiras, etc; de cozinhas, banheiros ou da área externa, para o interior das edificações em vez de para o exterior.

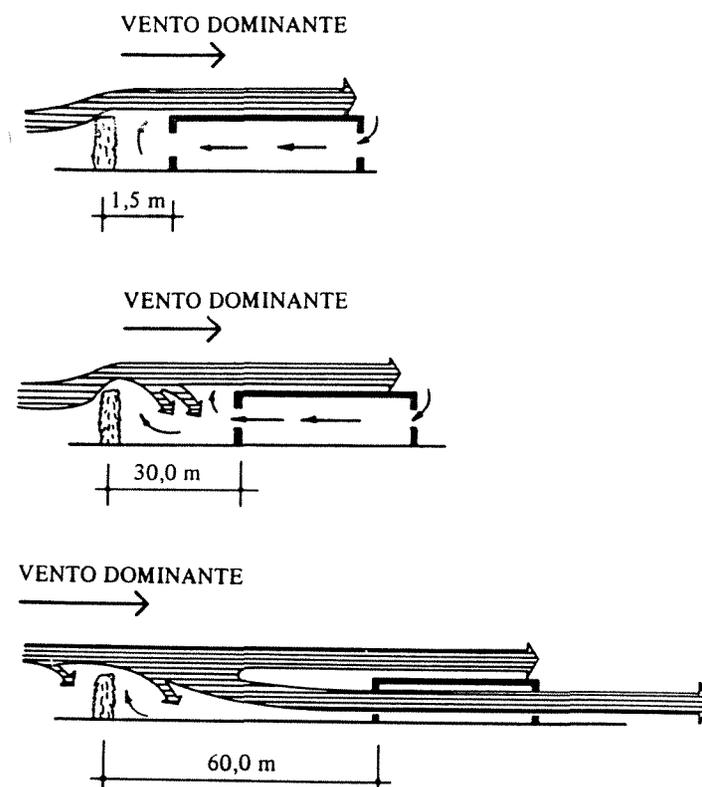


Figura 20 - Distância entre Obstáculo e Edificação com Relação ao Sentido da Ventilação Interna.

Fonte: Olgyay (1963).

3.1.2. Método de Cálculo para Determinação da Ventilação por Efeito Chaminé.

A ventilação por efeito chaminé acontece quando ocorre a substituição do ar quente, que fica na parte superior do local, pelo ar frio que provem de aberturas e que normalmente se concentra na parte inferior. De acordo com Frota e Schiffer (1995), este efeito é proporcionado pela diferença de temperatura do ar interno e externo, que ocasiona uma corrente de convecção.

Para a compreensão do fenômeno das diferenças de pressão entre o interior e o exterior do edifício, ocasionadas pela diferença de temperaturas interna e externa, toma-se uma caixa de aresta a , cuja temperatura do ar interior, t_i , é mais elevada que a temperatura do ar exterior, t_e . Um rasgo periférico horizontal, localizado logo abaixo da face superior do cubo, ocasionará uma distribuição de pressões segundo a Figura 21 a, que mostra, através de vetores, as diferenças de pressões interna/externa nas paredes do cubo. No caso de o rasgo acontecer próximo à base do cubo, como mostra a Figura 21 b, as pressões interna e externa se igualam no rasgo. A terceira situação considerada, admite rasgos simultâneos horizontais próximos à face superior e à face inferior do cubo. Nestas condições, o ar penetra no cubo pelo rasgo inferior e sai do cubo pelo rasgo superior e as diferenças de pressão, estão distribuídas segundo os vetores representados na Figura 21 c. Observa-se a existência de uma linha em que a diferença de pressão interna e externa é nula, é denominada Zona Neutra (ZN). Uma pequena abertura nessa cota não ocasionará fluxo de ar, ou seja, o ar não entrará nem sairá neste ponto.

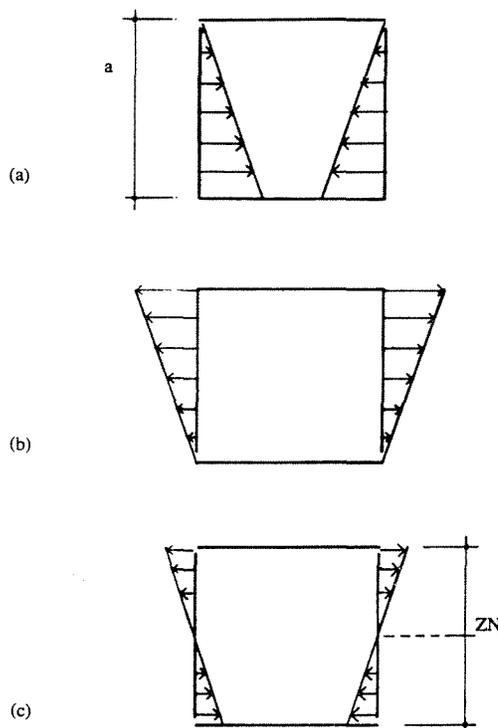


Figura 21 - Croquis Explicativos da Distribuição das Pressões em uma Caixa Cúbica.

Fonte: Frota e Schiffer (1995).

Para obter o Efeito Chaminé, depende-se da diferença entre as alturas da saída e da entrada de ar (h), sendo necessário no mínimo uma diferença de aproximadamente 5 metros. O cálculo para determinar a vazão devido ao efeito chaminé é pela equação:

$$\phi_c = 0,14 \times A \times \sqrt{h \times \Delta t} \quad (\text{m}^3/\text{s}); \text{Eq. 07}$$

onde:

ϕ_c = fluxo de ar por efeito chaminé;

A = área da abertura, considerada a de entrada/saída (m²);

h = altura medida a partir da metade da altura da abertura de entrada de ar até a metade da abertura da saída do ar (m)

m = inércia do sistema;

Δt = diferença entre a temperatura do ar interior e exterior (°C)

Quando as duas aberturas, de entrada e de saída, têm áreas iguais, a fórmula acima já fornece o fluxo de ar produzido pelo efeito chaminé. Porém, quando as aberturas não são iguais, o incremento no fluxo causado pelo excedente da área de uma abertura sobre a outra pode ser calculado através do gráfico apresentado na Figura 22.

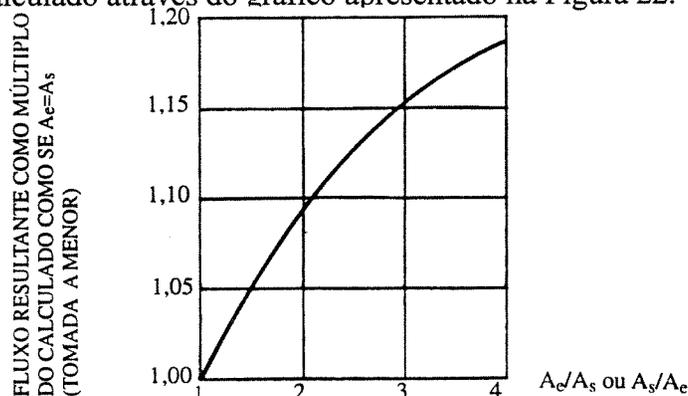


Figura 22 - Gráfico para Determinação do Incremento de Vazão causado pelo Excesso de Área de uma Abertura sobre a outra.

Fonte: Frota e Schiffer (1995).

Nas habitações térreas o efeito chaminé não é muito eficaz, pois a habitação não dispõe de altura compatível. Esse efeito depende basicamente da diferença da temperatura externa e da interna e, em países onde exista um verão muito forte (temperaturas altas), esse mecanismo de ventilação não pode ser visto como solução eficaz, pois é pouco provável que consiga proporcionar a remoção do calor acumulado no interior. Neste caso é mais viável a utilização do efeito por força dos ventos onde é possível se obter uma ventilação cruzada, se bem elaborada.

3.1.3. Método de Cálculo para Determinação da Ventilação por Efeito Simultâneo: Chaminé e Ação dos Ventos.

A ventilação por efeito simultâneo é utilizada em edifícios quando um dos efeitos, sozinho, não conseguiu satisfazer as necessidades de ventilação nos ambientes. Frota e Schiffer (1995), destacam que a determinação do efeito simultâneo de ambos os mecanismos pode ser feita a partir da seguinte sistemática:

1. Determina-se o fluxo da ventilação por ação dos ventos, como único mecanismo, conforme a equação: $\phi_v = c_a \times A_0 \times v \sqrt{(c_e - c_s)}$ (m³/s) Eq. 06
2. Determina-se o fluxo da ventilação por efeito chaminé, como único mecanismo, conforme a equação: $\phi_c = 0,14 \times A \times \sqrt{hx} \Delta t$ (m³/s); Eq. 07
3. Determina-se o fluxo resultante pela aplicação do gráfico (Figura 23).

Na aplicação de gráfico, somam-se os fluxos devido aos dois mecanismos, calculados separadamente, e determina-se a porcentagem referente ao efeito chaminé com relação a essa soma. O fluxo real é obtido como múltiplo do fluxo do efeito chaminé.

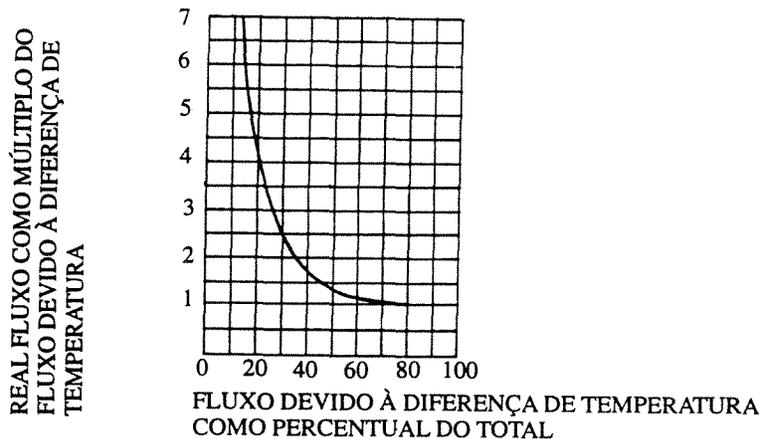


Figura 23 - Gráfico para Determinação do Efeito Simultâneo: Chaminé e Ação dos Ventos.

Fonte: A.S.H.R.A.E.(1977).

3.1.4. Métodos para Determinar a Velocidade do Ar Interior em Habitações.

Para determinar a velocidade de ar no interior de uma habitação é necessário conhecer as características do projeto. Essas características são: forma do edifício, posição e dimensão das partes internas, dimensão e posição das aberturas, obstruções externas, implantação da edificação no terreno e a direção e velocidade dos ventos locais.

Na maioria das vezes são realizados estudos em túnel de vento para medir a velocidade do ar. Como nem sempre é possível realizar esses estudos, estão reunidas a seguir indicações compiladas a partir da literatura (Givoni e Van Straaten) que reúne resultados experimentais com modelos reduzidos em túnel de vento, os quais poderão orientar na elaboração de projetos (Alucci, 1983).

1. Ambientes retangulares sem partições internas;
2. Ambientes retangulares com partições internas

1 - Ambientes retangulares sem partições internas

Área de entrada de ar = Área de saída do ar

Para ambientes onde existem aberturas iguais e livres, a velocidade do ar pode ser calculado por (Givoni, 1976):

$$v_i = v_e * 0,45 * (1 - e^{-3,84 E/A_p}) \quad \text{Eq. 08}$$

onde;

v_e = velocidade do vento local adotada no projeto em (m/s);

E = área livre de entrada de ar ou saída (m^2);

A_p = área total da parede que contém a abertura (m^2).

Através desta equação pode-se chegar a uma velocidade de ar média no interior do ambiente. No gráfico da Figura 24 está representada, de forma simplificada, a equação 08, onde obtemos a relação da velocidade do ar interior com as dimensões das aberturas.

A observação do gráfico da Figura 24 indica que, quando a dimensão das duas aberturas aumenta simultaneamente, a velocidade do ar interior cresce significativamente, ou seja, v_i passa de 20% da velocidade do ar exterior para 45% quando a área das aberturas passa de 1/6 para 6/6 da área da parede. Deve-se observar, no entanto, que não é significativo aumentar as áreas das janelas de 2/3 para 3/3 da área da parede (Alucci, 1983).

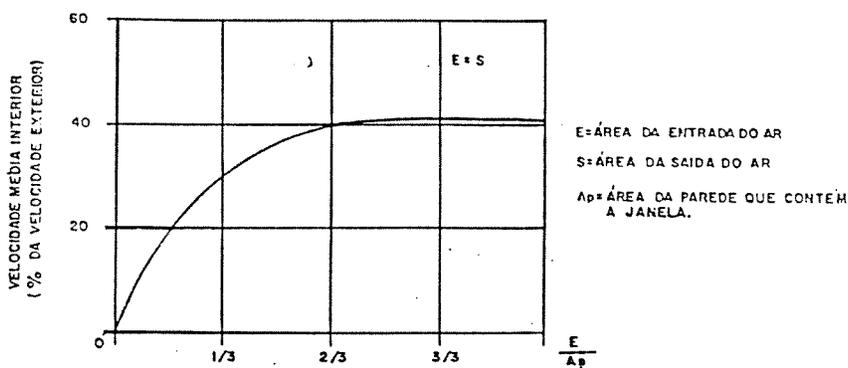


Figura 24 - Relação entre a Velocidade do Ar Interior (vi) e Exterior (ve) em Função da Dimensão das Aberturas.

Fonte: Alucci, (1983)

Na Figura 25, podemos observar a eficiência da ventilação interior de um ambiente em função de suas dimensões (área de entrada de ar = área de saída do ar), bem como largura, profundidade e pé direito. Entende-se por eficiência, a relação da porcentagem do vento externo para o vento interno.

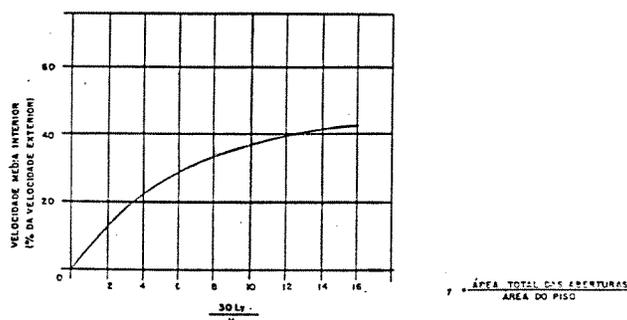


Figura 25 - Eficiência da Ventilação Interior de um Ambiente em Função de suas Dimensões.

Fonte: Alucci, (1983)

Área de entrada de ar ≠ Área de saída de ar (vento incidente perpendicularmente à abertura)

No gráfico da Figura 26, a eficiência da ventilação no interior da edificação, depende da relação entre a área da abertura de entrada (E) do ar e a área total das aberturas (E + S):

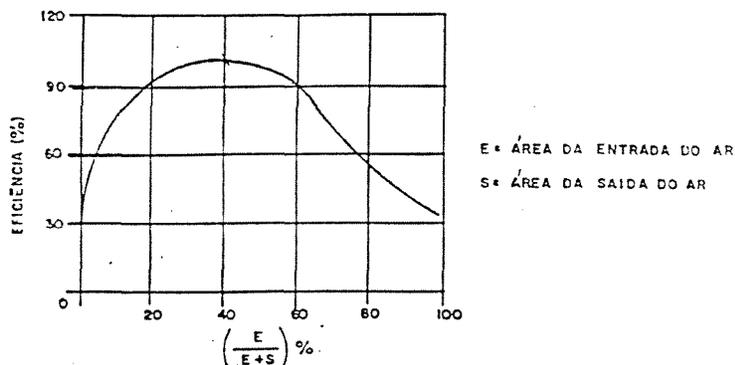


Figura 26 - Eficiência da Ventilação no Interior da Edificação (relação entre a área da abertura de entrada do ar e a área total das aberturas).

Fonte: Alucci, (1983)

Podemos notar que a eficiência aumenta quando a área de entrada é menor que a área de saída. A expressão abaixo calcula o valor da eficiência encontrada no gráfico da Figura 26, que deve ser multiplicado pelo valor da velocidade do ar interior:

$$v_p = v_{0,9} + 7,2 (1 - S) \quad \text{Eq. 09}$$

onde:

v_p = velocidade no interior de um ambiente com altura de peitoril da janela igual a “p”;

$v_{0,9}$ = valor da velocidade do ar interior em plano a 0,90 m de altura do piso e extraído do gráfico da Figura 27;

S = relação entre a altura do peitoril do caso estudado e um peitoril de 0,90m.

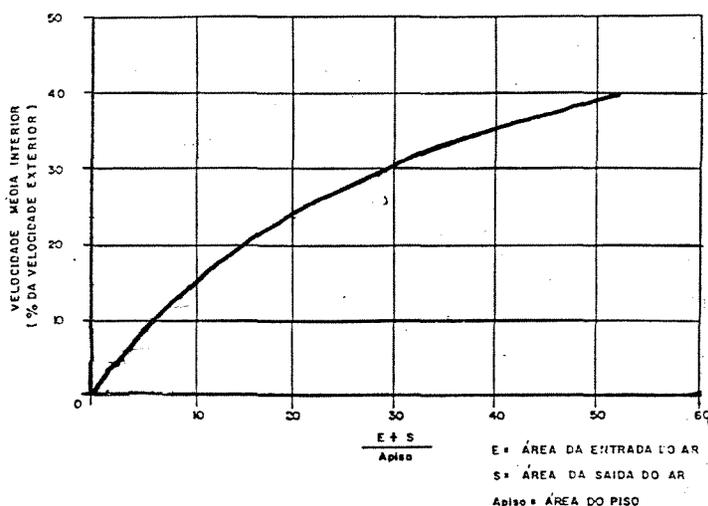


Figura 27 - Eficiência da Ventilação Interior em Função da Relação entre a Área Total das Aberturas e a Área do Piso, com Peitoril de 0,90 m nas duas Janelas.

Fonte: Alucci, (1983)

Caso o vento não seja a favor da fachada que contém a abertura, a velocidade interior calculada deve ser multiplicada pelos valores da Tabela 07:

Relação entre a dimensão das aberturas	Fator de multiplicação da vi para ventos incidentes entre 30° e 45°
$E < S$	1,0
$E = S$	0,8
$E > S$	0,7

E = área livre da abertura de entrada do ar

S = área livre da abertura de saída do ar

Tabela 07 - Relação entre a Dimensão das Aberturas e o Fator de Multiplicação da vi.

Fonte: Alucci, (1983)

Tais correções devem ser feitas tomando-se o valor da velocidade interior calculada anteriormente e adicionando-se a esse valor o fator (%), indicado na Tabela 08:

ORIENTAÇÃO LOCALIZAÇÃO DAS ABERTURAS	FATOR DE CORREÇÃO EM VI (%)	
	0°	45°
	0	0
	-10	+40
	-10	-15
	-15	0
	-15	0
	0	0
	-10	+40
	-10	-15
	0	-60
	-20	-10
	-20	-60

Tabela 08 - Fator de Correção que deve ser Somado à Velocidade do Ar Interior Calculada, levando em Conta a Posição Relativa das Aberturas e a Direção do Vento Incidente.

Fonte: Alucci, (1983)

2 - Ambientes retangulares com partições internas

Para os casos em que os ambientes apresentam partições internas, a posição das portas e a distribuição dos espaços definem a correção que deve ser feita na velocidade do ar interior (vi). O valor de vi em cada ambiente, deve ser obtido subtraindo-se do valor calculado os fatores indicados na Tabela 09 (Alucci, 1983):

ORIENTAÇÃO		LOCALIZAÇÃO DAS PORTAS INTERMEDIARIAS	ORIENTAÇÃO	
FATOR DE REDUÇÃO NA VELOCIDADE DO AR INTERIOR (%)			FATOR DE REDUÇÃO NA VELOCIDADE DO AR INTERIOR (%)	
—	—			7,5
—	—		7,5	15
—	—		10	45
—	—		20	15
80	75		15	45
80	75		25	15
35	15		15	50
15	20		20	15
45	20		20	55
30	20		20	30
—	—		10	45
20	45		25	35
50	45		—	—
35	25		25	15
50	45		25	50
—	—		25	15
55	40		40	55
35	25		20	20

FATOR DE REDUÇÃO NA VELOCIDADE DO AR INTERIOR (%)		LOCALIZAÇÃO DAS PORTAS INTERMEDIARIAS	FATOR DE REDUÇÃO NA VELOCIDADE DO AR INTERIOR (%)	
25	15			15
15	15		30	15
40	25		40	20
50	25		20	20
40	30		45	20
40	30		25	25
30	55		50	20
55	55		35	15
30	45		45	20
30	35		35	20

Tabela 09 - Fator de Correção para Ambientes com Partições Internas.

Fonte: Alucci, (1983)

A partir da literatura estudada e do que foi apresentado neste capítulo, é de interesse, após a defesa da tese, elaborar um apêndice com exemplos de cálculos da ventilação natural, para facilitar a utilização destes pelo projetista.

3.2. Métodos de Simulação

Neste ítem, destacamos alguns programas (softwares) elaborados para simular o fluxo de ar (ventilação artificial e natural).

Como exemplo de ventilação artificial, destacamos o proposto por Gan, Awbi e Croome (1993): O programa de computador VORTEX foi desenvolvido para a predição de padrão de fluxo de ar, temperatura, nível de conforto térmico e distribuição de contaminantes. Este programa é utilizado para projetar sistemas de ventilação através da simulação por computador. O nível de conforto térmico é obtido incorporando-se a equação de conforto Fanger (1987) num modelo de dinâmica de fluidos computacional. A temperatura média radiante requerida para a equação de conforto é calculada a partir da troca de calor por radiação no espaço. A qualidade de ar interna é avaliada de acordo com a concentração de contaminantes para uma dada taxa de suprimento de ar. Simulações foram conduzidas para uma variedade de sistemas de distribuição do ar. A avaliação do desempenho dos sistemas de distribuição do ar para refrigeração é baseado no conforto térmico previsto, qualidade do ar interno e consumo de energia.

Bittencourt (1995) descreve dois programas de simulação da ventilação natural, procurando identificar vantagens e limitações de cada um. Esses programas são: o BREEZE e o EASYFLOW. O BREEZE tem, como principal objetivo, a quantificação das trocas de ar em edificações com uma ou mais zonas. Os resultados são apresentados como fluxo volumétrico de ar no interior dos ambientes, considerando as forças devidas ao vento e ao efeito chaminé, calculadas a partir dos valores das temperaturas externas e internas dos ambientes, direção e velocidade do vento, tipologia da edificação e características das aberturas. Esses resultados servem como insumo para os modelos de simulação térmica, que usam a taxa de renovação do ar para avaliar as trocas térmicas por convecção.

O EASYFLOW é um software que aplica os métodos numéricos para resolver as equações fundamentais da dinâmica dos fluidos por computador (Computer Fluids Dynamics - CFD). Atualmente, o programa EASYFLOW foi substituído pelo PHOENICS, com as mesmas características.

As principais vantagens do programa localizam-se nos aspectos qualitativos da ventilação, permitindo uma boa visualização do movimento do ar, sua direção e intensidade em cada ponto do ambiente estudado.

Em relação ao uso de túnel de vento, os simuladores informatizados são bastantes úteis já que experimentos empíricos estão ao alcance apenas de laboratórios científicos, longe do ambiente projetual.

Existem algumas simulações que são relacionadas com estudos experimentais. Um exemplo disto, é demonstrado por Tsutsumi, Katayama, Akio e Hayashi (1996), que destacam um programa que analisa a medição em escala real de fatores térmicos internos e a simulação numérica do fluxo de ar interno em residências. A medição foi conduzida no verão em duas unidades habitacionais em um prédio de apartamentos. Uma unidade foi ventilada naturalmente através de abertura de janelas e a outra permaneceu não ventilada. As condições térmicas internas dessas duas casas foram estimadas pelo voto médio estimado (conceito de Fanger) e comparadas para encontrar que as condições térmicas na casa ventilada estavam dentro da área de conforto, enquanto a casa não ventilada estava na zona quente, o que dependia da velocidade do fluxo de ar interno. A simulação numérica do fluxo de ar interno e externo de uma única casa foi conduzida para predizer a velocidade do fluxo de ar através da abertura de janelas.

3.3. Métodos Experimentais

Existem experimentos clássicos realizados em túnel de vento, que devem ser citados pela riqueza dos dados resultantes, úteis para avaliações arquitetônicas. Dentre estes experimentos podemos destacar os elaborados por: Van Straaten (1967), Olgyay (1963), Dreyfus (1960) e Givoni (1962).

Além de experimentos em túnel de vento, podemos destacar ainda a APO (Avaliação Pós-Ocupação), onde instrumentos, como o anemômetro, são utilizados para avaliação da ventilação nos ambientes. Estas avaliações buscam dados para elaboração de protótipos.

Os estudos realizados sobre ventilação natural, na maioria das vezes, foram observados em túnel de vento. Esses estudos podem mostrar resultados simplificados como o da Figura 28, onde se considera apenas um cômodo para análise ou conjuntos volumétricos complexos para uma avaliação integrada.

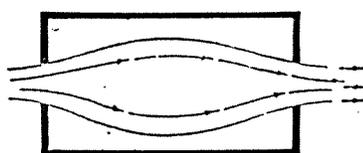


Figura 28 - Visualização Simplificada do Fluxo de Ar em um Cômodo.

Fonte: Alucci, (1983)

Van Straaten (1967) desenvolveu dois estudos para avaliação do fluxo de ar interno. No primeiro estudo, foi utilizado um túnel de vento de jato aberto com três metros de largura. Elaborou-se uma maquete transparente para a visualização do caminho descrito por uma fumaça introduzida no túnel. No segundo estudo, foi utilizado um túnel de fluxo de água bidimensional. Utilizou-se uma maquete plástica, onde o fluxo podia ser visualizado com bolinhas de poliestireno. A visualização do experimento era através de projeção da imagem contra uma tela ou parede.

Olgay (1963) elaborou um estudo, em túnel de vento, onde pode-se observar a posição e as dimensões das janelas exercendo uma grande influência na qualidade e na quantidade de ventilação interna. São apresentados, a seguir, alguns exemplos dessa influência, para casos de ambientes vazios ou parcialmente divididos (Figura 29 a, b e c).

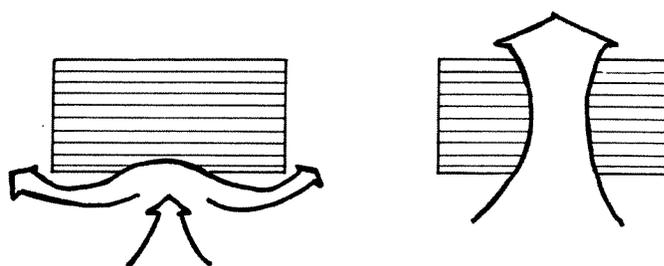


Figura 29 a - Exemplos de Fluxos de Ar através de Ambientes Vazios
(em planta).

Fonte: Olgay (1963).

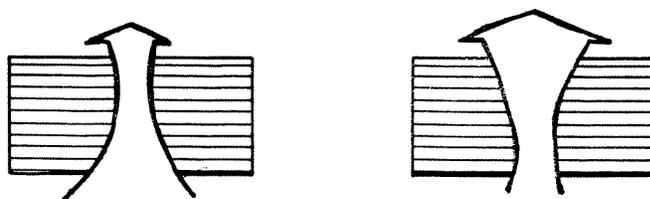


Figura 29 b - Exemplos de Fluxos de Ar através de Ambientes Internos Vazios
(em planta).

Fonte: Olgyay (1963).

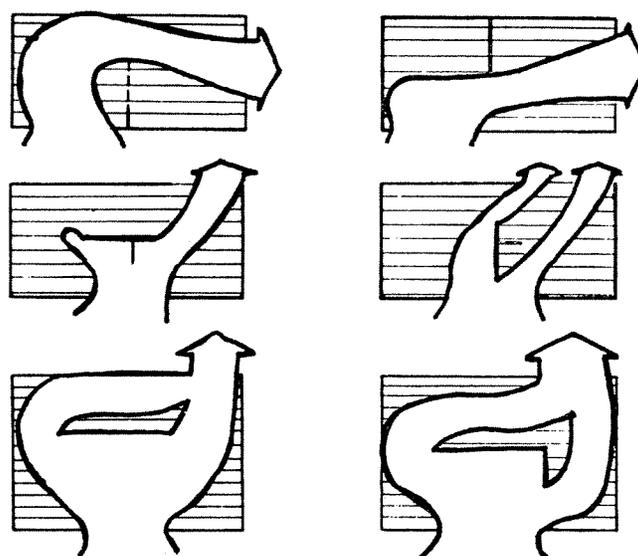


Figura 29 c - Exemplos de Fluxos de Ar através de Ambientes Internos Parcialmente
Divididos (em planta).

Fonte: Olgyay (1963).

Nos exemplos apresentados na Figura 30 podemos observar, em corte, as variações do fluxo de ar para o caso de um ambiente que dispõe de janelas localizadas em fachadas opostas e que está livre de obstruções, tais como divisórias. Os exemplos mostram a influência da disposição das aberturas de entrada e de saída do ar, o efeito de dispositivos tipo quebra-sol e as alterações provocadas por placas defletoras, que podem, inclusive, estar representadas por janelas (Frota e Schiffer, 1995).

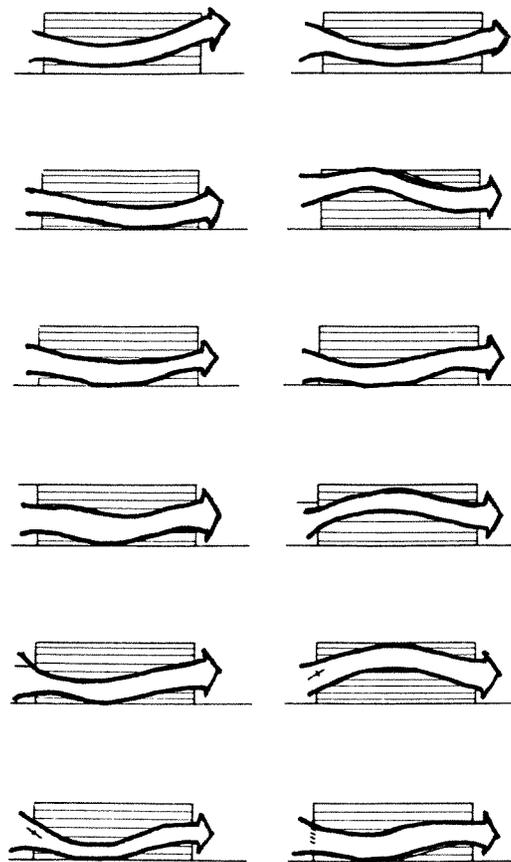


Figura 30 - Exemplos de Fluxos de Ar através de Ambientes que Dispõem de Aberturas Localizadas em Fachadas Opostas (em corte).

Fonte: Olgyay (1963).

Nos exemplos apresentados na Figura 31, são indicados os efeitos favoráveis à ventilação que a vegetação, funcionando como um anteparo situado no prolongamento da face a jusante dos edifícios, pode ocasionar no interior dos mesmos.

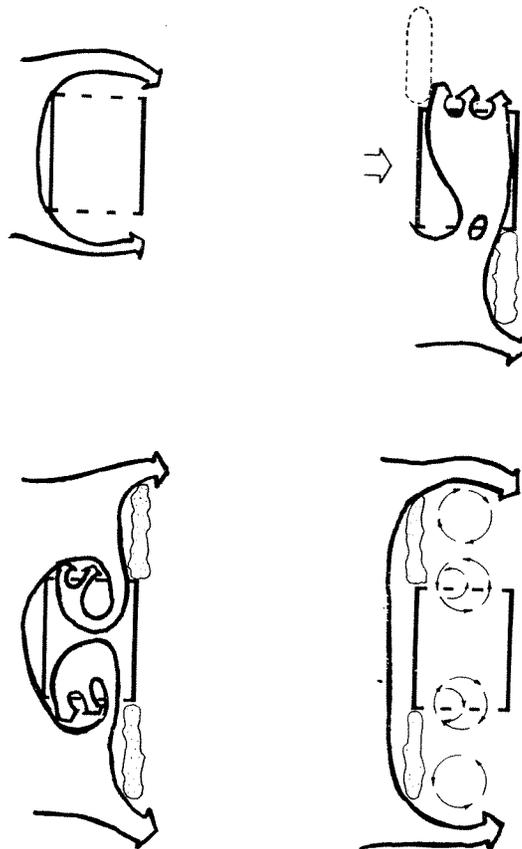


Figura 31 - Exemplos de Influência Favorável à Ventilação que a Vegetação pode Proporcionar.

Fonte: Olgyay (1963).

Nos experimentos de Dreyfus (1960), podemos observar a importância deles, pois apresentam resultados tanto em planta como em corte, incluindo, em alguns casos, o dimensionamento do fluxo de ar, permitindo, assim, uma avaliação mais precisa. Estes experimentos, com modelos desenvolvidos no Texas Engineering Experimental Station e também com estudos realizados por outros autores são conduzidos para contribuir para o entendimento do fenômeno da ventilação cruzada na edificação. Como resultado de um acúmulo de dados, o experimento pode ser resumido em recomendação e conceitos relacionados a ventilação natural nas edificações, principalmente, devido à ventilação cruzada:

1. A ventilação cruzada ocorre, essencialmente, devido à existência de uma zona de alta pressão e uma zona de baixa pressão, na face de incidência do vento e na face oposta respectivamente (Figura 32):

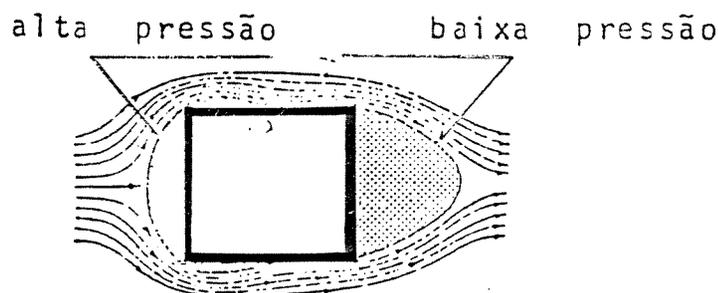


Figura 32 - Zonas de Alta e Baixa Pressão na Construção.

Fonte: Dreyfus, (1960)

2. O fluxo de ar, que tem uma certa inércia, ao penetrar na edificação, tende a manter sua direção inicial, dada pela distribuição de pressões na face de entrada e pela geometria das aberturas (Figura 33):

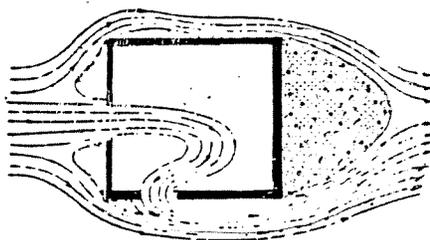


Figura 33 - Inércia do Fluxo de Ar entrando na Construção.

Fonte: Dreyfus, (1960)

3. A simetria das fachadas pode alterar a distribuição de pressões ao longo das mesmas, alterando, no interior da edificação, o fluxo de ar (Figuras 34 a e b):

4. É demonstrada a influência de uma assimetria vertical sobre a direção do fluxo. A posição e geometria das aberturas nos dois casos são idênticas (Figuras 35 a e b):

Na Figura 35 a, é um caso de piso superior, as altas pressões são mais elevadas abaixo da abertura de entrada e com tendência a projetar o fluxo de ar para cima.

Na Figura 35 b, caso de piso intermediário, as altas pressões são distribuídas de forma uniforme abaixo e acima da abertura da entrada.

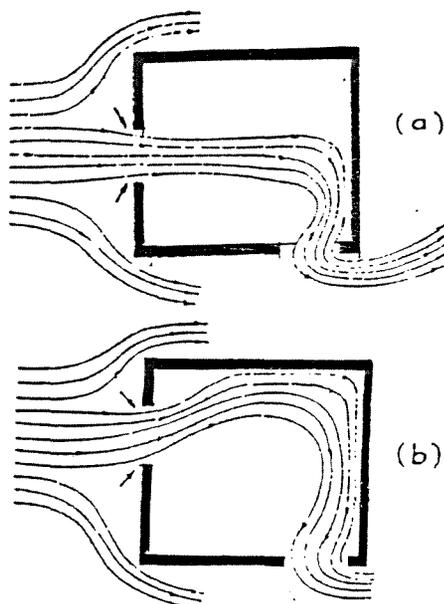


Figura - 34 a - a Fachada é Simétrica e o Fluxo penetra Perpendicular.
 34 b - a Assimetria da Fachada tende a retardar o Fluxo de Ar na Zona de Alta Pressão existente na Área de Saída.

Fonte: Dreyfus, (1960)

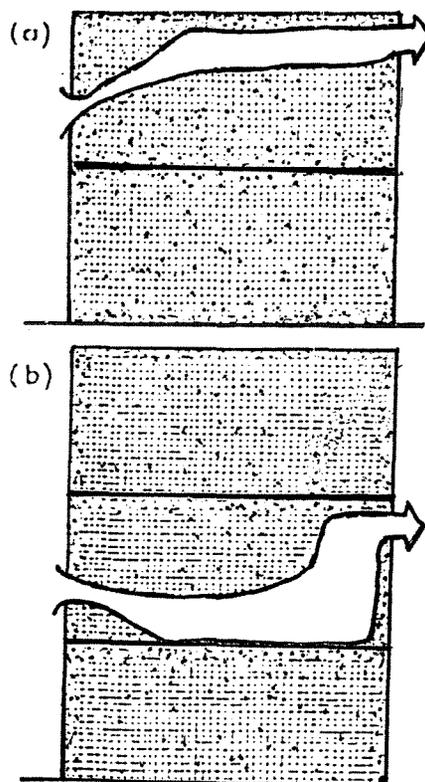


Figura 35 a - Exemplo do Fluxo de Ar em Piso Superior.
 Figura 35 b - Exemplo do Fluxo de Ar em Piso Intermediário.

Fonte: Dreyfus, (1960)

As assimetrias citadas nas Figuras 35 a e 35 b, podem ser obtidas por algum tipo de elemento aplicado às janelas - barreiras ⁽⁰⁶⁾.

Podemos observar nas Figuras 36 a e b, a influência dos brises.

Na Figura 36 a, o fluxo é dirigido para o forro devido às altas pressões existentes na parte superior da abertura de entrada.

Na Figura 36 b, o vão existente entre a placa e a parede permite o reestabelecimento na simetria da distribuição das pressões e o fluxo penetra horizontalmente no ambiente.

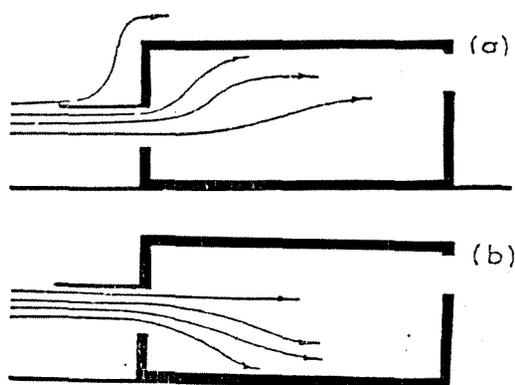


Figura 36 a - Influência dos Brises (fluxo penetra em direção ao forro)

Figura 36 b - Influência dos Brises (fluxo penetra horizontalmente).

Fonte: Dreyfus, (1960)

5. A direção do fluxo de ar pode ser alterada, também, pela presença de elementos como persianas (lâminas horizontais ou verticais), que são utilizadas como recurso, principalmente, quando a ventilação é utilizada para o conforto higrotérmico de uma construção, permitindo o direcionamento do fluxo de ar (Figuras 37 a e b).

⁽⁰⁶⁾ barreiras como: placas horizontais ou verticais destinadas à proteger a abertura da radiação solar direta (brises).

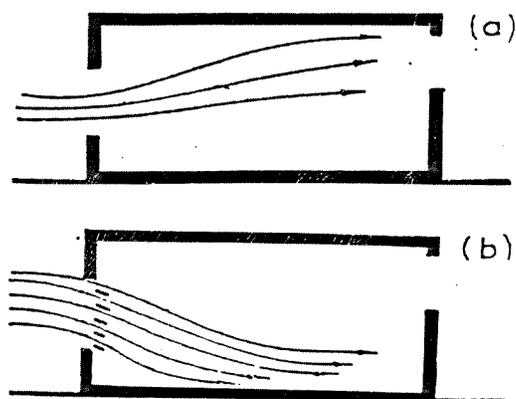


Figura 37 a - Exemplo de Fluxo de Ar (sem a presença de persianas)

Figura 37 b - Exemplo de Fluxo de Ar (com a presença de persianas).

Fonte: Dreyfus, (1960)

6. A velocidade do ar no interior da edificação será máxima se o fluxo mudar bruscamente de direção (Figuras 38 a e b).

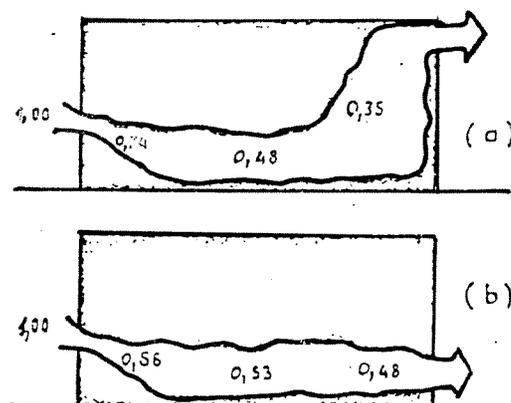


Figura 38 a - Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação
(abertura parte superior)

Figura 38 b - Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação
(abertura parte inferior).

Fonte: Dreyfus, (1960)

7. Com relação à velocidade do ar no interior da edificação, as Figuras 39 a, b e c, demonstram que a velocidade no interior é maior quando a área da abertura da saída é maior que a área da abertura de entrada. Os números indicados mostram a velocidade do ar em cada ponto do ambiente para um vento incidente igual a 1.

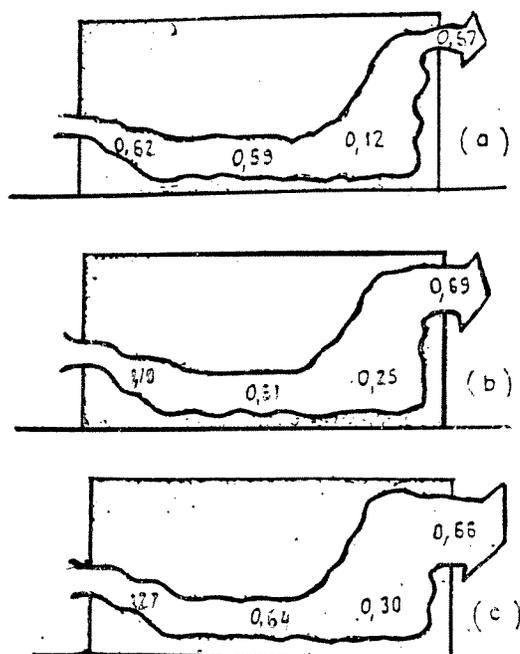


Figura 39 a - Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação
(diferença no tamanho da abertura de entrada e saída)

Figura 39 b - Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação
(diferença no tamanho da abertura de entrada e saída)

Figura 39 c - Exemplo de Velocidades do Ar no Interior da Edificação
(diferença no tamanho da abertura de entrada e saída).

Fonte: Dreyfus, (1960)

Um dos grandes experimentos existentes na literatura são os ensaios conduzidos por Givoni em 1967, que disponibilizaram uma grande quantidade de dados aplicáveis à avaliação de projeto.

3.3.1. Método de Givoni

Os experimentos de Givoni (1962) foram realizados em Technion-Israel Institute of Technology, em Israel. Givoni utilizou um túnel de vento onde foram estudados dois modelos, obtendo 89 casos como resultados. O método desenvolvido teve como base o efeito fisiológico do movimento do ar, a partir do ponto de vista do equilíbrio térmico entre o corpo humano e o ambiente. As condições da ventilação de espaços interiores foram analisadas em relação a fatores como:

1. tamanho de abertura (entrada e saída);
2. ventilação cruzada, com diferentes posicionamentos e;
3. área das aberturas e direção variada do vento externo.

O efeito da velocidade do ar exterior sobre a velocidade interior foi medido em testes empíricos. O resultado deste efeito foi representado por porcentagens do vento externo em médias do fluxo de ar interno. Estes valores estão distribuídos dependendo do fluxo de ar em locais específicos do cômodo.

Os casos analisados foram divididos em:

1. cômodos com uma única abertura;
2. duas aberturas em paredes opostas;
3. aberturas em paredes adjacentes; bem como situações de ventilação cruzada apenas através de uma abertura “bandeira”, voltada para um espaço interno.

Dois modelos foram construídos para o experimento. Para o primeiro estudo do efeito do tamanho da janela, localização e para a direção do vento, foi usado um modelo quadrado de dimensões 65x65x50 cm. O segundo modelo foi construído para o estudo do movimento do ar num desenho de prédio mais complicado. Consistia de dois quartos com um corredor entre eles. Para acomodá-los o túnel de vento foi ampliado, aumentando-se o comprimento de seção de trabalho. Este modelo foi usado no estudo da possibilidade de se obter ventilação cruzada sobre o corredor.

Todos os cômodos foram testados com variações na relação abertura/parede. As medições foram realizadas a 1,20 m do piso da maquete e as dimensões das aberturas variavam em: 1/6, 1/3, 2/3 e 3/3 da largura da parede.

Nestes cômodos foram implantadas malhas moduladas em matriz 5x5, destacando as porcentagens da velocidade média interna. Na maioria dos experimentos, as medições foram realizadas em 25 pontos no primeiro modelo e 46 pontos no segundo modelo com 4 leituras em cada ponto. Desta forma, a velocidade média interior representa a média aproximada de 100 leituras. Este número grande foi necessário devido à natureza turbulenta do fluxo, caracterizada por amplas flutuações em direção e velocidade num dado ponto.

A análise do fluxo de ar interno foi proporcionada por quatro configurações de direções do vento: incidência perpendicular às aberturas, vento lateral, vento oblíquo a 45⁰ e vento na face oposta à abertura.

A seguir apresentaremos os exemplos dos resultados do experimento do Givoni, que serão utilizados no trabalho que está sendo desenvolvido.

A Figura 40 a mostra exemplos do efeito do tamanho da janela em quartos com janela simples.

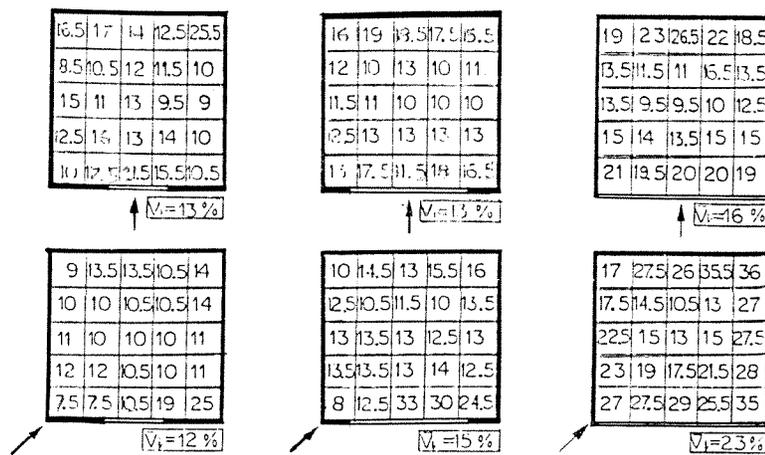


Figura 40 a - Exemplos do Efeito do Tamanho da Janela em Quartos com Janela Simples (Direções do vento perpendicular e a 45°).

Fonte: Givoni (1962).

Com a direção do vento perpendicular à abertura, a velocidade média do ar interior permanecerá quase constante, apesar do aumento do tamanho da janela. Para a direção do vento a 45° a janela, o tamanho da janela teve efeito ligeiramente mais pronunciado. Velocidades próximas da entrada e das paredes opostas às aberturas, foram mais elevadas que a média do quarto. Enquanto no centro as velocidades foram mais baixas.

A Figura 40 b mostra exemplos do efeito da ventilação cruzada nos quartos com tamanho de entrada e saídas de:

1. Entrada e Saída de 1/6 da largura da parede;
2. Entrada e Saída de 1/3 da largura da parede;
3. Entrada e Saída de 2/3 da largura da parede;
4. Entrada e Saída de 3/3 (largura total) da largura da parede.

O efeito de aumentar o tamanho tanto da entrada quando da saída, foi estudado quando as janelas estavam localizadas em paredes opostas. Aumentando o tamanho, tanto de entrada quanto da saída, aumenta a velocidade média interna do ar.

Para as saídas de 2/3 verifica-se que, com a direção do vento perpendicular às aberturas, a velocidade média no quarto permaneceu quase constante para entradas e saídas de diferentes tamanhos.

Com a direção do vento a 45° da entrada, a velocidade média no quarto aumentou com o tamanho da entrada. Para a entrada de 1/3, as velocidades médias nos cantos (ângulos) foram mais baixas que a média no quarto.

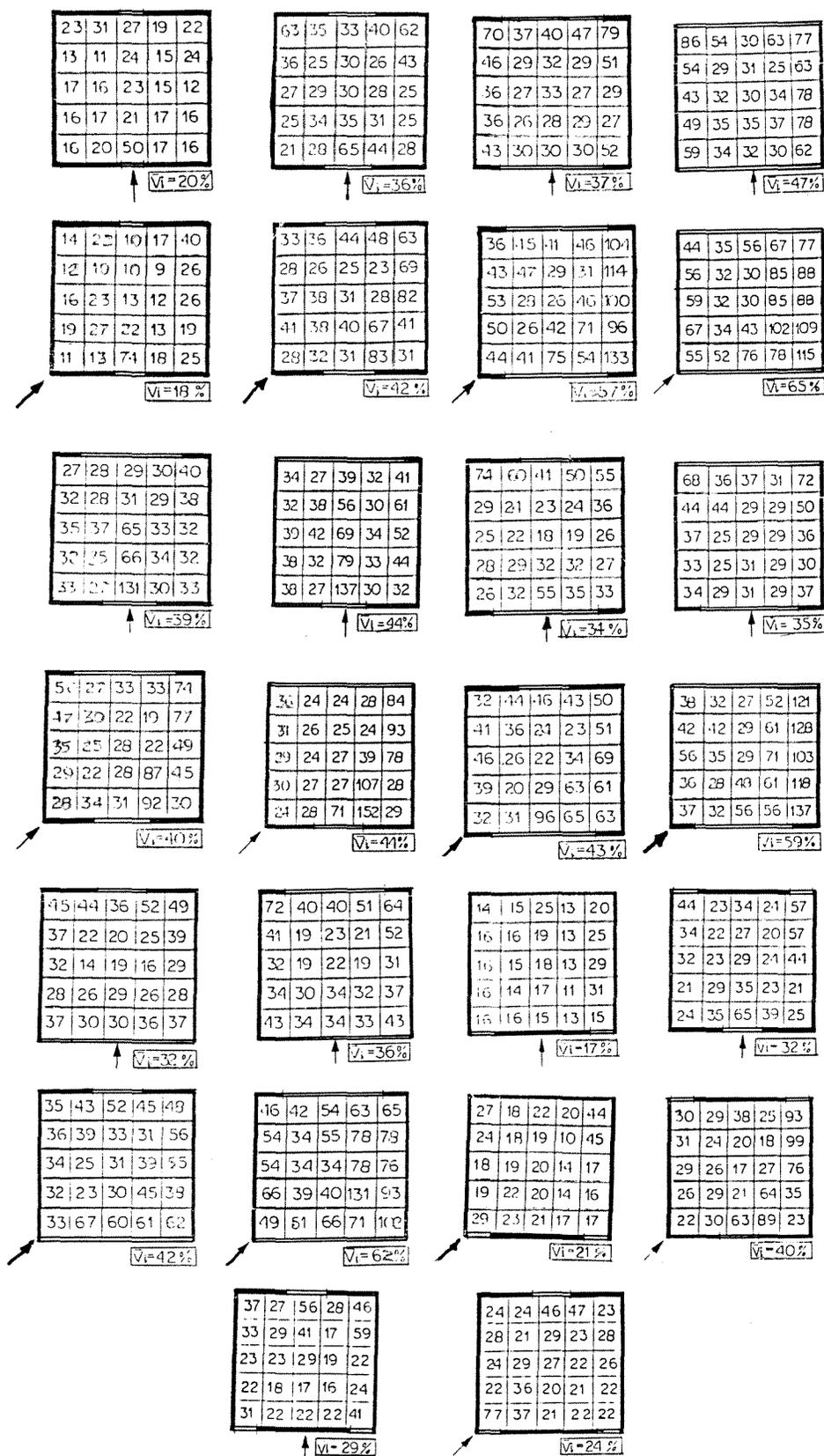


Figura 40 b - Exemplos do Efeito do Tamanho de Entrada nos Quartos com Ventilação Cruzada (Direções do vento perpendicular e a 45°).
Fonte: Givoni (1962).

Valores mais altos que a média foram obtidos próximo à entrada, na mesma direção do vento. Em quartos com entrada de 2/3 e largura total, as velocidades médias nos cantos (ângulos) são mais altas que a média, especialmente próxima às saídas. Valores mais baixos da média foram obtidos no centro do quarto em todos os casos.

Para as saídas de 3/3 verifica-se que, com a direção do vento perpendicular às aberturas, as velocidades médias no quarto foram quase iguais nos casos de entrada de 1/3 e largura total.

Com a direção do vento a 45° da entrada, a velocidade média no quarto aumentou com o tamanho da entrada. Para a entrada de 1/3, as velocidades mais altas foram obtidas perto da entrada e na mesma direção da do vento.

Em quartos com entrada de 2/3 e largura total, as velocidades médias nos cantos (ângulos), de ambos os lados da saída, foram mais altas que a média, enquanto no centro foram mais baixas. Quando as aberturas eram do mesmo tamanho, as velocidades médias nos cantos (ângulos), de ambos os lados da entrada, foram mais altas do que a média. A Figura 40 c mostra exemplos de quartos com janelas em paredes adjacentes.

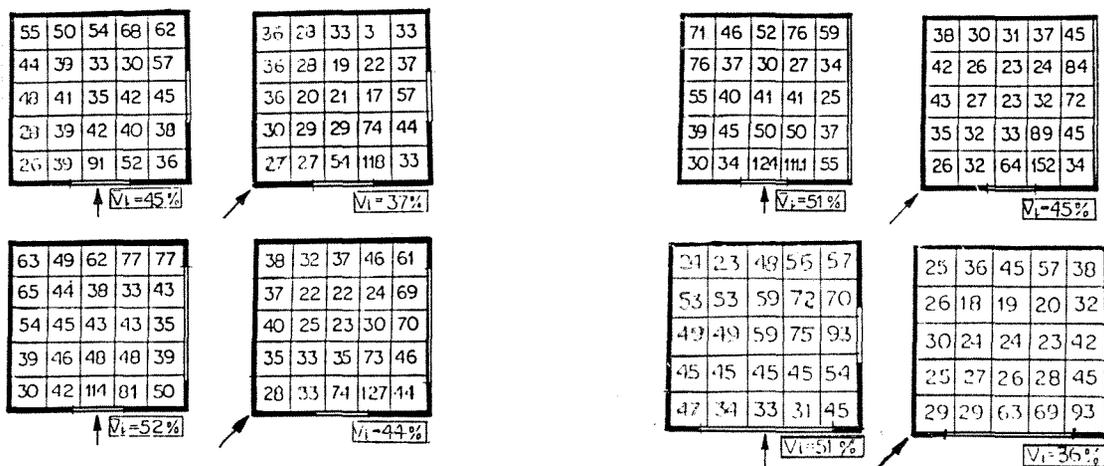


Figura 40 c - Exemplos de Quartos com Janelas em Paredes Adjacentes (Direções do vento perpendicular e a 45°).

Fonte: Givoni (1962).

O efeito da largura da saída em quartos com janelas em paredes adjacentes foi estudado apenas para entradas de largura 1/3. Com o vento perpendicular, a velocidade média não foi afetada pelo tamanho da saída. Com o vento a 45°, a velocidade média foi ligeiramente mais alta para saídas de 1/3, 2/3 e largura total.

As velocidades na entrada foram mais altas que a média. Velocidades altas também foram obtidas perto da parede oposta à entrada, enquanto no centro do quarto foram mais baixas que a média. Esta distribuição foi similar para saídas de tamanhos diferentes.

As principais conclusões do estudo foram:

1. O efeito do tamanho da janela acima de um determinado valor mínimo foi pequeno. Aumentando o tamanho da entrada ou saída, enquanto mantinha-se a outra constante, teve um efeito “negligenciável”. Aumentando o tamanho de ambos, entrada e saída, surtiu algum efeito mas, o aumento da velocidade do ar interno é muito menor em proporção ao aumento da abertura da janela.

2. O efeito da ventilação cruzada a uma área de abertura total constante foi bastante considerável. A velocidade do ar interna média foi aproximadamente, 2,5 vezes mais alta num quarto com duas janelas, uma na direção do vento e a outra na direção oposta; do que num quarto com uma janela ou duas janelas no mesmo lado, de mesma área.

3. Descobriu-se que o efeito da direção do vento depende da relação entre a direção do vento e o eixo através da abertura. Com as janelas em posições opostas, a velocidade do ar interno foi mais alta para o vento a 45° do que para o perpendicular. Com as janelas em paredes adjacentes, a velocidade foi mais alta para o vento perpendicular. Pareceu que com o vento paralelo ao eixo das janelas, o fluxo de ar externo ocupa uma posição menor do espaço do quarto, do que quando o vento tem que mudar sua direção.

4. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO NATURAL.

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia para auxiliar o projetista na avaliação da ventilação natural, durante o processo criativo de projeto.

4.1. Introdução

Com o intuito de proporcionar ao projetista uma forma de verificar a situação do projeto com respeito à ventilação natural, a ferramenta de auxílio desenvolvida, na presente pesquisa, ajudará a verificar o desempenho da ventilação no projeto elaborado em linguagem acessível ao projetista. A pesquisa tem, por objetivo, uma metodologia de avaliação qualitativa da ventilação natural em projetos. Esta metodologia de avaliação é baseada na pesquisa de Givoni (1962), elaborada a partir de estudos empíricos descritos no capítulo anterior, onde o autor demonstra, numericamente, o fluxo de ar interno através de porcentagens da velocidade média externa do vento em várias situações.

Este estudo dispõe de resultados importantes que devem servir de auxílio ao projetista. A pesquisa de Givoni é conhecida na literatura técnica, mas pouco utilizada no processo projetual. São apresentados dados para uma grande variedade de situações usuais de projeto. O resultado visual sobre a planta baixa auxilia nos problemas de lay-out, pois possui um detalhamento para verificação de problemas associados com a localização de atividades nos cômodos analisados. Através das porcentagens apresentadas, é possível calcular o movimento de ar verdadeiro, com dados meteorológicos locais, em locais variados de uma edificação

Em virtude do projetista estar habituado a instrumentos visuais de trabalho, o aplicativo, incorporado ao ambiente CAD (Computer Aided Design), deve tornar-se uma ferramenta de auxílio amigável na verificação e/ou criação de projetos.

A ferramenta utilizará os dados numéricos do experimento de Givoni transformando-os em linguagem visual, através de cores e do dimensionamento percentual da velocidade do vento externo.

Segundo Kowaltowski e Labaki (1993), a adoção dos sistemas CAD como ferramenta de desenho colocou na ponta dos dedos do projetista a possibilidade de embutir metodologias diretamente no ambiente de projeto. A ferramenta, portanto foi desenvolvida para o programa CAD atualmente mais divulgado na profissão do arquiteto: AUTOCAD (Autodesk Inc., 1995).

4.2. Descrição do Aplicativo

No estudo realizado por Givoni, as condições da ventilação de espaços interiores foram estudadas, como já destacamos no capítulo 3 seção 3.3.1, em relação a fatores como tamanho de abertura (entrada e saída), ventilação cruzada com diferentes posicionamento e área das aberturas, e direção variada do vento externo. O efeito da velocidade do ar exterior sobre a velocidade interior foi medido em testes empíricos e os resultados, representados como percentagens do vento externo em médias do fluxo de ar interno, em valores deste fluxo nos locais específicos do cômodo. O desenvolvimento do aplicativo consistiu, inicialmente, na entrada de dados referentes ao projeto a ser analisado:

1. Cidade:

- Campinas.

2. Mês:

- de Janeiro a Dezembro.

3. Norte do projeto:

- orientações: Norte, Noroeste, Oeste, Sudoeste, Sul, Sudeste, Leste e Nordeste.

4. Características do projeto:

- Ambiente de projeto - rural ou urbano e
- Dimensão da parede (m^2).

5. Características do usuário:

- Vestimenta - informal ou formal e
- Atividade - leve, média ou pesada.

5. Tipo de abertura.

6. Dimensões de entrada e saída.

A metodologia engloba dados sobre o estudo de Givoni e dados meteorológicos utilizados para a cidade de Campinas. O desenvolvimento do aplicativo foi elaborado em etapas, que são:

1. Entrada e manipulação de dados meteorológicos;
2. Mapeamento dos desenhos do estudo de Givoni, em tabelas para utilização em linguagem computacional Lisp;
3. Desenvolvimento da interface de dados entre “Dialog Box” e a linguagem Lisp;
4. Procedimento de utilização da ferramenta desenvolvida;
5. Apresentação dos resultados e estudo de caso.

4.3. Entrada e manipulação de Dados Meteorológicos

A primeira etapa desenvolvida no trabalho foi a pesquisa de dados meteorológicos necessários à configuração dos ventos na região de Campinas. Foi criada uma tabela (Tabela 10) de dados climáticos referentes à temperatura do ar (média máxima e média mínima), velocidades médias mensais, direção do vento predominante e umidade relativa do ar. As informações meteorológicas foram obtidas do software ARQUITROP (Roriz e Basso, 1990).

Nesta fase do desenvolvimento da ferramenta, foram incluídos apenas os dados referentes a cidade de Campinas. É possível a inclusão de novos dados permitindo a ampliação de dados meteorológicos na ferramenta para outros locais.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dir. Predominante	SE											
Veloc.Média (m/s)	4.6	6.2	3.7	5.1	5.1	4.1	5.1	4.1	7.2	6.2	6.7	5.6
Temperatura média	23.8	23.5	23.3	22.2	20.3	17.8	17.7	19.9	22.6	22.1	22.9	23.1
Umidade Relativa	74	79	74	73	75	74	68	59	57	71	67	74

TABELA 10 - Direções Predominantes, Velocidades Médias, Temperaturas e Umidades Relativas para Campinas - S.P.

Observação: a temperatura média é obtida através das temperaturas - média máxima e média mínima.

Em relação à direção do vento, a Figura 41 apresenta o gráfico das curvas correspondentes aos dados da Tabela 10. Pode-se verificar os meses de maior e menor intensidade dos ventos. Desta forma é possível analisar os períodos em que é necessário o maior aproveitamento dos ventos, e aqueles em que é preciso prever a adequação do projeto para amenizar a incidência de ventos nas edificações.

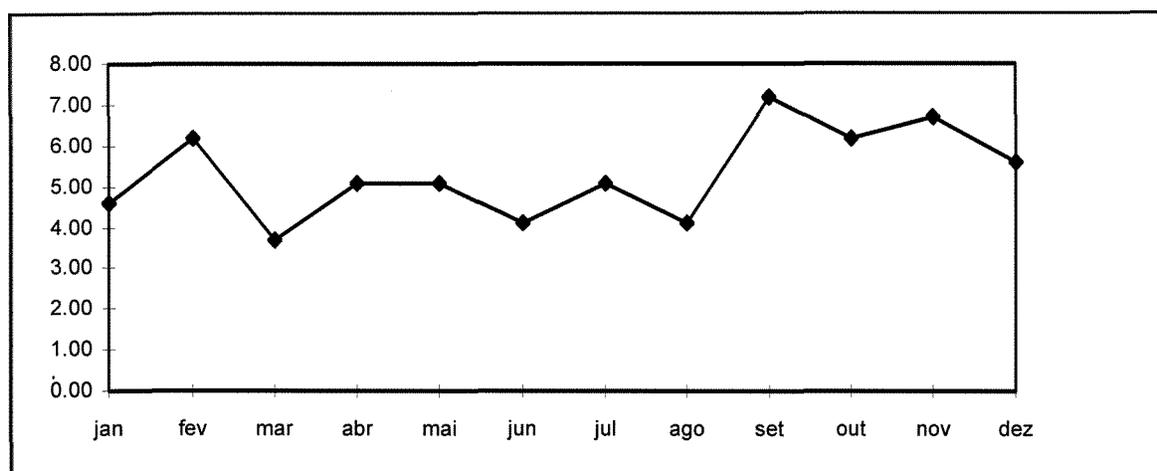


Figura 41 - Velocidade Média dos Ventos Dominantes (m/s).

Pode-se constatar pela Tabela 10 que a direção predominante do vento para Campinas é a Sudeste. Serão utilizadas apenas as direções do vento perpendicular e a 45° dos estudos realizados por Givoni (1962), em virtude de haver maior número de casos estudados. Foi elaborada uma tabela (Tabela 11) de conversão do norte da rosa dos ventos, para o norte de projeto que será escolhido pelo projetista. O norte do projeto está relacionado a direção do vento predominante para Campinas. Esta tabela resulta na orientação do norte do projeto em relação ao posicionamento da abertura escolhida.

Foi determinado que partindo do norte (ângulo de 0°) em sentido anti-horário e relacionando-o com a direção sudeste, obtemos os dados referentes ao **norte do projeto** utilizado na ferramenta, em relação ao posicionamento da abertura a ser escolhida. A Figura 42 demonstra exemplos da obtenção do norte do projeto.

Para visualização adotaremos nomenclaturas para diferenciar o norte da rosa dos ventos (N), o norte do projeto utilizado pelo projetista (Np) e a direção do vento resultante do norte do projeto escolhido (Vp). O norte da rosa dos ventos permanece fixo em relação ao projeto que está sendo analisado.

Norte em relação a rosa dos ventos (fixo)	Direção do vento para Campinas	Direção do vento resultante	Norte do projeto em relação a rosa dos ventos para a ferramenta (normal a fachada)
Norte - 0°	SE	Sudeste - 225° (-135°)	SUDESTE
Noroeste - 45°	SE	Leste - 270° (-90°)	LESTE
Oeste - 90°	SE	Nordeste - 315° (-45°)	NORDESTE
Sudoeste - 135°	SE	Norte - 0°	NORTE
Sul - 180°	SE	Noroeste - 45°	NOROESTE
Sudeste - 225° (-135°)	SE	Oeste - 90°	OESTE
Leste - 270° (-90°)	SE	Sudoeste - 135°	SUDOESTE
Nordeste - 315° (-45°)	SE	Sul - 180°	SUL

TABELA 11 - Norte do Projeto para ser Utilizado na Ferramenta Desenvolvida.

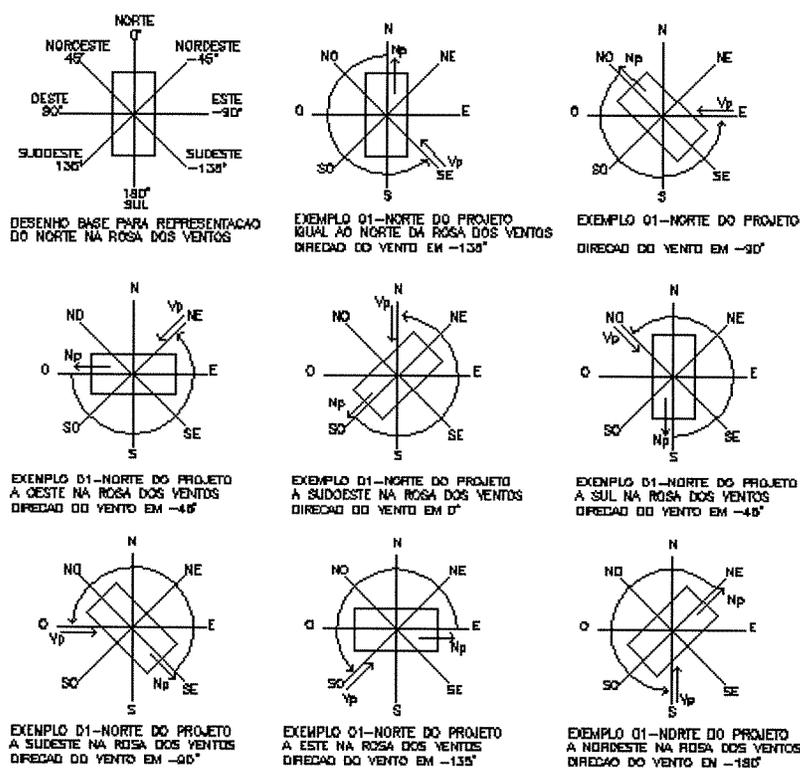


Figura 42 - Exemplos para Visualização da Relação do Norte do Projeto com a Orientação do Vento Resultante.

A velocidade média apresentada na Tabela 10 será utilizada para obter os valores de velocidades médias internas, que serão relacionadas com as porcentagens apresentadas nos desenhos do estudo do Givoni.

Deve-se ressaltar, aqui, que a velocidade externa será determinada pela escolha de dois dados: ambiente urbano e rural. Quando a opção for ambiente urbano, o valor da velocidade média da Tabela 10, será dividido por três seguindo as recomendações de Silva (1979) e, quando for ambiente rural, adota-se o valor desta tabela.

Para o cálculo da velocidade média interior (v_i) em função da velocidade do vento externo (v_e) e da relação abertura/parede (X) foi utilizada a fórmula (Givoni, 1976):

$$v_i = 0,45(1 - e^{(-3,84 X)})v_e. \quad \text{Eq. 08}^{(06)}$$

O valor obtido para v_i , será multiplicado pelos valores correspondentes às porcentagens no desenho do tipo de abertura adotado no projeto. Os resultados são comparados com uma tabela de níveis de sensações de conforto (Fanger, 1970)⁽⁰⁷⁾ em função da velocidade do ar (Tabela 12), que pode ser inaceitável, confortável ou excessiva.

Velocidade p/ projeto (m/s)		Sensações de conforto	Cores utilizadas
roupa (clo 0,5) INFORMAL	roupa (clo 1,0) FORMAL		
> 0,5	> 1,0	FRIO	amarela
0,15 - 0,5	0,20 - 1,0	CONFORTÁVEL	azul
< 0,15	< 0,20	QUENTE	vermelha

Velocidade p/ projeto (m/s)		Sensações de conforto	Cores utilizadas
roupa (clo 0,5) INFORMAL	roupa (clo 1,0) FORMAL		
> 0,5	-	FRIO	amarela
0,10 - 0,5	-	CONFORTÁVEL	azul
< 0,10	≥ 0,0	QUENTE	vermelha

Velocidade p/ projeto (m/s)		Sensações de conforto	Cores utilizadas
roupa (clo 0,5) INFORMAL	roupa (clo 1,0) FORMAL		
-	-	FRIO	amarela
-	-	CONFORTÁVEL	azul
≥ 0,0	≥ 0,0	QUENTE	vermelha

TABELA 12 - Níveis de Sensação de Conforto.

⁽⁰⁶⁾ Equação apresentada no Capítulo 3, item 3.1.4.

⁽⁰⁷⁾ Esta tabela teve como base dados extraídos da Tabela 13, Voto Médio Estimado, desta bibliografia.

Para a elaboração desta tabela levou-se em consideração, também, os dados sobre vestimenta e atividade desenvolvida pelo usuário no cômodo que está sendo analisado. A umidade relativa e a temperatura máxima admitidas para elaboração desta tabela foram: 50% e 28°C média respectivamente. Através da vestimenta determinou-se o valor de *clo* (*unidade*) utilizado para a umidade e temperatura adotadas. Com esse valor e o tipo de atividade desenvolvida no ambiente (leve/média/pesada), pode-se elaborar a Tabela 12.

4.4. Mapeamento dos Desenhos do Estudo de Givoni

Os estudos de Givoni são a base do aplicativo. Do total de exemplos foram escolhidos 40 casos. Os casos escolhidos são os com direção do vento perpendicular e a 45°, em virtude de haver maior número de exemplos, e podem ser encontrados nas Figuras 40a, 40b e 40c. Como podemos observar na Figura 43, os desenhos possuem uma malha de, 5x5 onde encontramos os valores correspondentes às porcentagens de vento interno no cômodo.

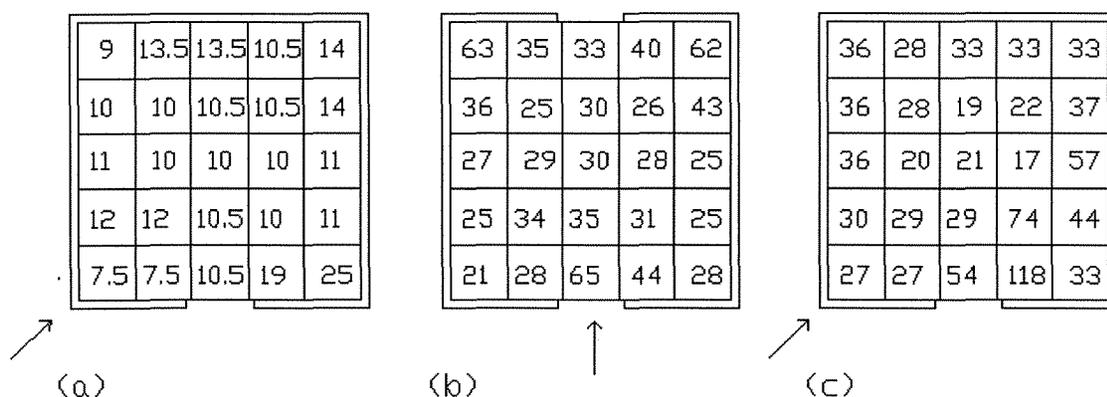


FIGURA 43 - Exemplos do Estudo de Givoni.

Fonte: Givoni, 1962.

Para a utilização dos desenhos em linguagem computacional foi necessário uma tabulação das porcentagens apresentadas nos desenhos, onde cada linha da tabela representa um quadro de porcentagens obtidas no estudo de Givoni, Tabela 13.

TABELA 13 - Listagem dos Valores das Porcentagens dos Desenhos do Givoni.

Código	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A1/3f	10	12.5	21.5	15.5	10.5	12.5	16	13	14	10	15	11	13	9.5	9	8.5	10.5	12	11.5	10	16.5	17	14	12.5	25.5
A1/3d	7.5	7.5	10.5	19	25	12	12	10.5	10	11	11	10	10	10	11	10	10	10.5	10.5	14	9	13.5	13.5	10.5	14
A2/3f	13	17.5	11.5	18	16.5	12.5	13	13	13	13	11.5	11	10	10	10	12	10	13	10	11	16	19	18.5	17.5	15.5
A2/3d	8	12.5	33	30	24.5	13.5	13.5	13	14	12.5	13	13.5	13	12.5	13	12.5	10.5	11.5	10	13.5	10	14.5	13	15.5	16
A3/3f	21	19.5	20	20	19	15	14	13.5	15	15	13.5	9.5	9.5	10	12.5	13.5	11.5	11	16.5	13.5	19	23	26.5	22	18.5
A3/3d	27	27.5	29	25.5	35	23	19	17.5	21.5	28	22.5	15	13	15	27.5	17.5	14.5	10.5	13	27	17	27.5	26	35.5	36
B1/61/6f	16	20	50	17	16	16	17	21	17	16	17	16	23	15	12	13	11	24	15	24	23	31	27	19	22
B1/61/6d	11	13	74	18	25	19	27	22	13	19	16	23	13	12	26	12	10	10	9	26	14	22	10	17	40
B1/31/3f	21	28	65	44	28	25	34	35	31	25	27	29	30	28	25	36	25	30	26	43	63	35	33	40	62
B1/31/3d	28	32	31	83	31	41	38	40	67	41	37	38	31	28	82	28	26	25	23	69	33	36	44	48	63
B2/32/3f	43	30	30	30	52	36	26	28	29	27	36	27	33	27	29	46	29	32	29	51	70	37	40	47	79
B2/32/3d	44	41	75	54	133	50	26	42	71	96	53	25	26	46	100	43	47	29	31	114	36	45	41	46	104
B3/33/3f	59	34	32	30	62	49	35	35	37	78	43	32	30	34	78	54	29	31	25	63	86	54	30	63	77
B3/33/3d	55	52	76	78	115	67	34	43	102	109	59	32	30	85	88	56	32	30	85	88	44	35	56	67	77
B1/32/3f	33	27	131	30	33	32	25	66	34	32	35	37	65	33	32	32	28	31	29	38	27	28	29	30	40
B1/32/3d	28	34	31	92	30	29	22	28	87	45	35	25	28	22	49	47	30	22	19	77	50	27	33	33	74
B1/33/3f	38	27	137	30	32	38	32	79	33	44	39	42	69	34	52	32	38	56	30	61	34	27	39	32	41
B1/33/3d	24	28	71	152	29	30	27	27	107	28	29	24	27	39	78	31	26	25	24	93	30	24	24	28	84
B2/31/3f	26	32	55	35	33	28	29	32	32	27	25	22	18	19	26	29	24	23	24	36	74	60	41	50	55
B2/31/3d	32	31	96	65	63	39	20	29	63	61	46	26	22	34	69	41	36	24	23	51	32	44	46	43	50
B2/33/3f	34	29	31	29	37	33	25	31	29	30	37	25	29	29	36	44	44	29	29	50	68	36	37	31	72
B2/33/3d	37	32	56	56	137	36	28	48	61	118	56	35	29	71	103	42	42	29	61	128	38	32	27	52	121
B3/31/3f	37	30	30	36	37	28	26	29	26	28	32	14	19	16	29	37	22	20	25	39	45	44	36	52	49
B3/31/3d	33	67	60	61	62	32	23	30	45	38	34	25	31	39	55	36	39	33	31	56	35	43	52	45	48
B3/32/3f	43	34	34	33	43	34	30	34	32	37	32	19	22	19	31	41	19	23	21	52	72	40	40	51	64
B3/32/3d	49	51	66	71	102	66	39	40	131	93	54	34	34	78	76	54	34	55	78	78	46	42	54	63	65
C1/6f	16	16	15	13	15	16	14	17	11	31	16	15	18	13	29	16	16	19	13	25	14	15	25	13	20
C1/6d	29	23	21	17	17	19	22	20	14	16	18	19	20	14	17	24	18	19	10	45	27	18	22	20	44
C1/31/6f	24	35	65	39	25	21	29	35	23	21	32	23	29	24	44	34	22	27	20	57	44	23	34	24	57
C1/31/6d	22	30	63	89	23	26	29	21	64	35	29	26	17	27	76	31	24	20	18	99	30	29	38	25	93
C1/61/3f	31	22	22	22	41	22	18	17	16	24	23	23	29	19	22	33	29	41	17	59	37	27	56	28	46
C1/61/3d	77	37	21	22	22	22	36	20	21	22	24	29	27	22	26	28	21	29	23	28	24	24	46	47	23
D1/31/3f	26	39	91	52	36	28	39	42	40	38	48	41	35	42	45	44	39	33	30	57	55	50	54	68	62
D1/31/3d	27	27	54	118	33	30	29	29	74	44	36	20	21	17	57	36	28	19	22	37	36	28	33	33	33
D1/32/3f	30	42	114	81	50	39	46	48	48	39	54	45	43	43	35	65	44	38	33	43	63	49	62	77	77
D1/32/3d	28	33	74	127	44	35	33	35	73	46	40	25	23	30	70	37	22	22	24	69	38	32	37	46	61
D1/33/3f	30	34	124	111.1	55	39	45	50	50	37	55	40	41	41	25	76	37	30	27	34	71	46	52	76	59
D1/33/3d	26	32	64	152	34	35	32	33	89	45	43	27	23	32	72	42	26	23	24	84	38	30	31	37	45
D2/31/3f	47	34	33	31	45	45	45	45	45	54	49	49	59	75	93	53	53	59	72	70	24	23	48	56	57
D2/31/3d	29	29	63	69	93	25	27	26	28	45	30	24	24	23	42	26	18	19	20	32	25	36	45	57	38

Como exemplo podemos destacar o Código **A1/3d** que está relacionado com o desenho (a) da Figura 43. Este código significa que é um cômodo com uma única abertura de entrada 1/3 e direção do vento a 45° (d). A primeira letra foi colocada para podermos obter uma sequência de tipos de abertura. A letra A significa uma única abertura, a B caracteriza duas aberturas com ventilação cruzada. A letra C determina duas aberturas em uma única parede e outra no lado oposto e a letra D apresenta um cômodo com janelas em paredes adjacentes. Os números subsequentes representam o dimensionamento de entrada e saída. Após os números encontraremos uma letra, que determina se a direção do vento é perpendicular (f) ou a 45° (d) em relação a abertura.

mod 1.tab	mod 2.tab
1	1
10.0	16.0
12.5	20.0
21.5	50.0
15.5	17.0
10.5	16.0
12.5	16.0
16.0	17.0
13.0	21.0
14.0	17.0
10.0	16.0
15.0	17.0
11.0	16.0
13.0	23.0
9.5	15.0
9.0	12.0
8.5	13.0
10.5	11.0
12.0	24.0
11.5	15.0
10.0	24.0
16.5	23.0
17.0	31.0
14.0	27.0
12.5	19.0
25.5	22.0
f	f
1	.
7.5	.
7.5	.
10.5	.
19.0	.
25.0	.
12.0	.
12.0	.
10.5	.
10.0	.
11.0	.
11.0	.
10.0	.
10.0	.
10.0	.
11.0	.
10.0	.
10.0	.
10.0	.
10.5	.
10.5	.
14.0	.
9.0	.
13.5	.
13.5	.
10.5	.
14.0	.
d	.

Para os dados serem utilizados em linguagem computacional, foi preciso elaborar uma listagem (Tabela 14) que foi armazenada em um arquivo com extensão .TAB, no qual obtemos o tipo de abertura (A, B, C e D) com a combinação de entrada e saída (exemplo: 1=1/3) e o sentido do vento em relação a abertura (“f”-perpendicular e “d”- 45°).

Esta listagem demonstra a sequência a qual será utilizada pela ferramenta, para o reconhecimento do tipo de abertura escolhido pelo projetista. Conforme o projetista define o norte do projeto, o tipo de abertura (desenhos) e o dimensionamento de entrada e saída, a ferramenta “busca” nesta listagem a sequência de valores correspondentes ao tipo de malha do estudo de Givoni.

TABELA 14 - Tipo de Abertura (modelo do desenho), Combinação(1,2,3 ...,10) e Sentido do Vento (“f” ou “d”).

Após a configuração da listagem da Tabela 13, elaborou-se uma outra tabela onde, através da direção do norte do projeto, pode-se determinar algumas funções para se obter a malha adequada para o tipo de abertura escolhido (Tabela 15).

Estas funções são comandos utilizados pelo AutoCad, que permitem “espelhar” ou “rotacionar” a malha de porcentagens. Dos 40 casos utilizados do estudo do Givoni podemos obter, através dos comandos do AutoCad (*rotate* e *mirror*), um total de 200 opções de escolha de posicionamento das aberturas com direções do vento diferentes.

Para o vento perpendicular à abertura, executamos o comando de “rotação” da malha original. Com o vento a 45°, o comando de “espelhar” é o que melhor auxilia na determinação da malha. Em alguns casos são utilizados os dois comandos simultaneamente.

A Figura 44 demonstra exemplos das funções (“mirror”-espelhar e “rotate”-rotacionar) utilizadas para ampliar as possibilidades de escolhas dos tipos de aberturas, em várias direções do vento, utilizando como base a direção predominante (Sudeste). Havendo ampliações dos dados meteorológicos, será necessário rever estas funções para adequar as malhas dos desenhos de Givoni, para o vento predominante da região em estudo.

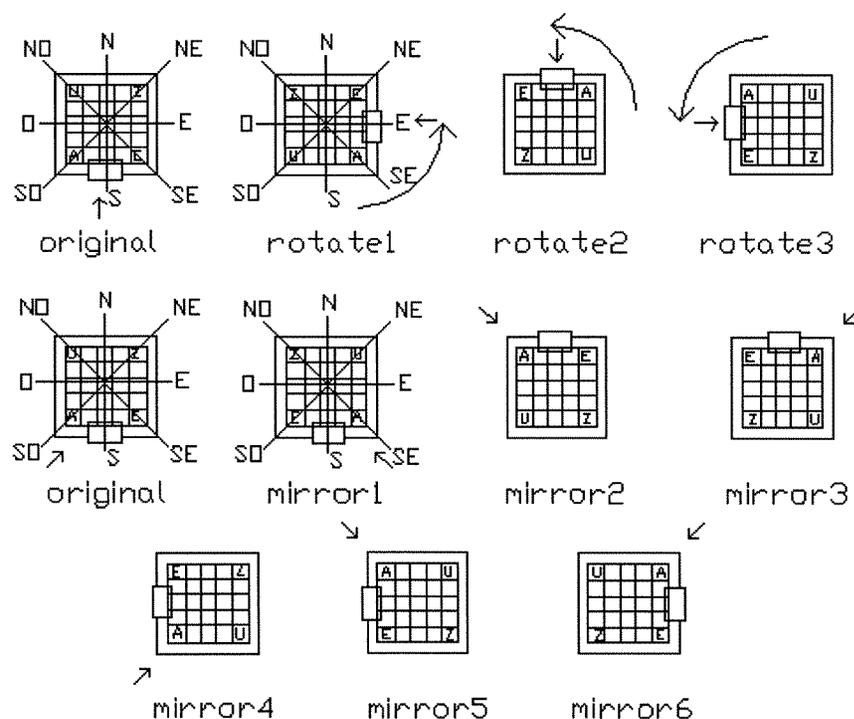


FIGURA 44 - Exemplos das Funções (mirror e rotate) para Determinar as Malhas de acordo com a Direção do Vento Predominante.

A partir do desenho original, os comandos utilizados darão origem a organizações variadas dos tipos de malhas. Com o comando “mirror” elaboramos seis (6) possibilidades de espelhar a malha original. O comando “rotate” proporcionou três (3) possibilidades de rotação da malha original.

	Tipo de abertura com a direção do norte em relação ao posicionamento da abertura - código	mirror	rotate	vi-%
1	A1/3f		(1,2,3)	13%
2	A1/3d	(1,2,6)	(1,3)	13%
3	A2/3f		(1,2,3)	13%
4	A2/3d	(1,2,6)	(1,3)	15%
5	A3/3f		(1,2,3)	16%
6	A3/3d	(1,2,6)	(1,3)	23%
7	B1/61/6f		(1,2,3)	20%
8	B1/61/6d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	18%
9	B1/31/3f		(1,2,3)	36%
10	B1/31/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	42%
11	B2/32/3f		(1,2,3)	37%
12	B2/32/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	57%
13	B3/33/3f		(1,2,3)	47%
14	B3/33/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	65%
15	B1/32/3f		(1,2,3)	39%
16	B1/32/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	40%
17	B1/33/3f		(1,2,3)	44%
18	B1/33/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	44%
19	B2/31/3f		(1,2,3)	34%
20	B2/31/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	43%
21	B2/33/3f		(1,2,3)	35%
22	B2/33/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	59%
23	B3/31/3f		(1,2,3)	40%
24	B3/31/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	42%
25	B3/32/3f		(1,2,3)	36%
26	B3/32/3d	(1,2,3,4,5,6)	(1)	62%
27	C1/6f		(2)	17%
28	C1/6d	(1,2)	(2)	21%
29	C1/31/6f	(1,2,3,4,6)	(2,3)	32%
30	C1/31/6d	(2,3,4,5)	(1)	40%
31	C1/61/3f	(1,2,3,4,6)	(2,3)	29%
32	C1/61/3d	(2,3,4,5)	(1)	24%
33	D1/31/3f	(1,2,3,4,6)	(1,3)	45%
34	D1/31/3d	(2,3,4,5)	(1)	37%
35	D1/32/3f	(1,2,3,4,6)	(1,3)	52%
36	D1/32/3d	(2,3,4,5)	(1)	44%
37	D1/33/3f	(1,2,3,4,6)	(1,3)	51%
38	D1/33/3d	(2,3,4,5)	(1)	45%
39	D2/31/3f	(1,2,3,4,6)	(1,3)	51%
40	D2/31/3d	(2,3,4,5)	(1)	36%

TABELA 15 - Funções para Determinar a Malha Adequada ao Tipo de Abertura

Escolhido.

4.5. Configuração dos Dados para Linguagem Computacional

O aplicativo utilizou AutoLisp (Customization Guide, 1995 e Gaál, 1997) como linguagem de programação e DCL (Dialog Control Language) (AUTOCAD, 1995) para a criação das caixas de diálogo de entrada de dados do usuário-projetista. A configuração de entrada de dados para o aplicativo está baseada no fluxograma apresentado na Figura 45.

Para os dados de entrada foram elaboradas rotinas de interligação que relacionam os dados escolhidos pelo usuário. O fluxograma da Figura 45 mostra a sequência de chamada entre a Caixa de Diálogo principal e a Caixa de Diálogo específica para escolha das aberturas, contidas na **defun Vento**. Feita a leitura dos dados da interface verifica se o projeto é válido.

O projeto é considerado inválido quando não possui a combinação de entrada e saída adequada, relacionada à orientação do norte e posicionamento de aberturas não existentes dentro do acervo de exemplo de Givoni. A **defun projeto** é executada somente se o projeto for considerado válido.

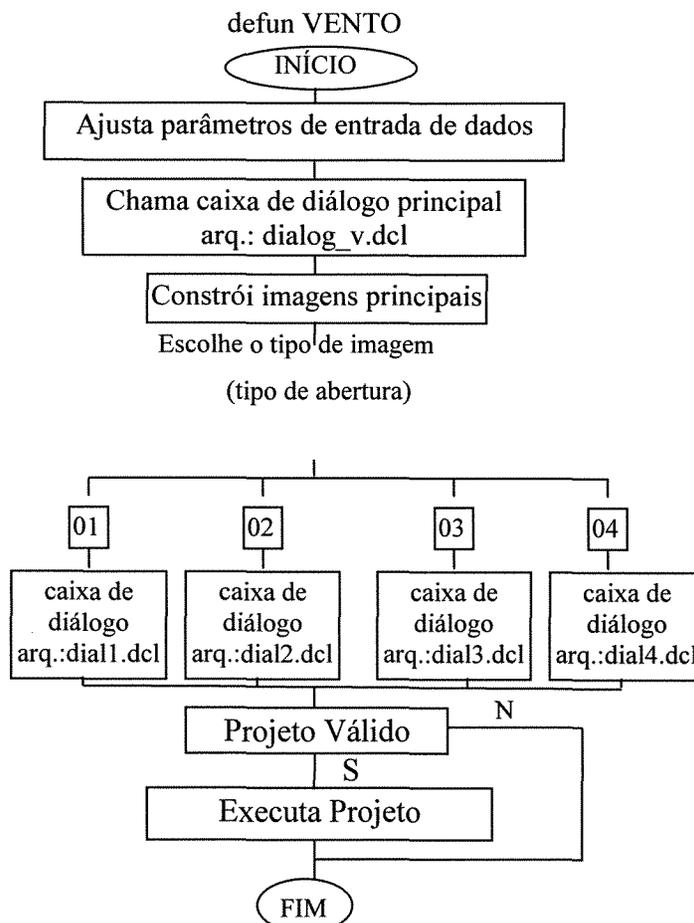


FIGURA 45 - Fluxograma da Configuração de Entrada de Dados para o Aplicativo.

A rotina que executa o **defun projeto** está esquematizada no fluxograma da Figura 46.

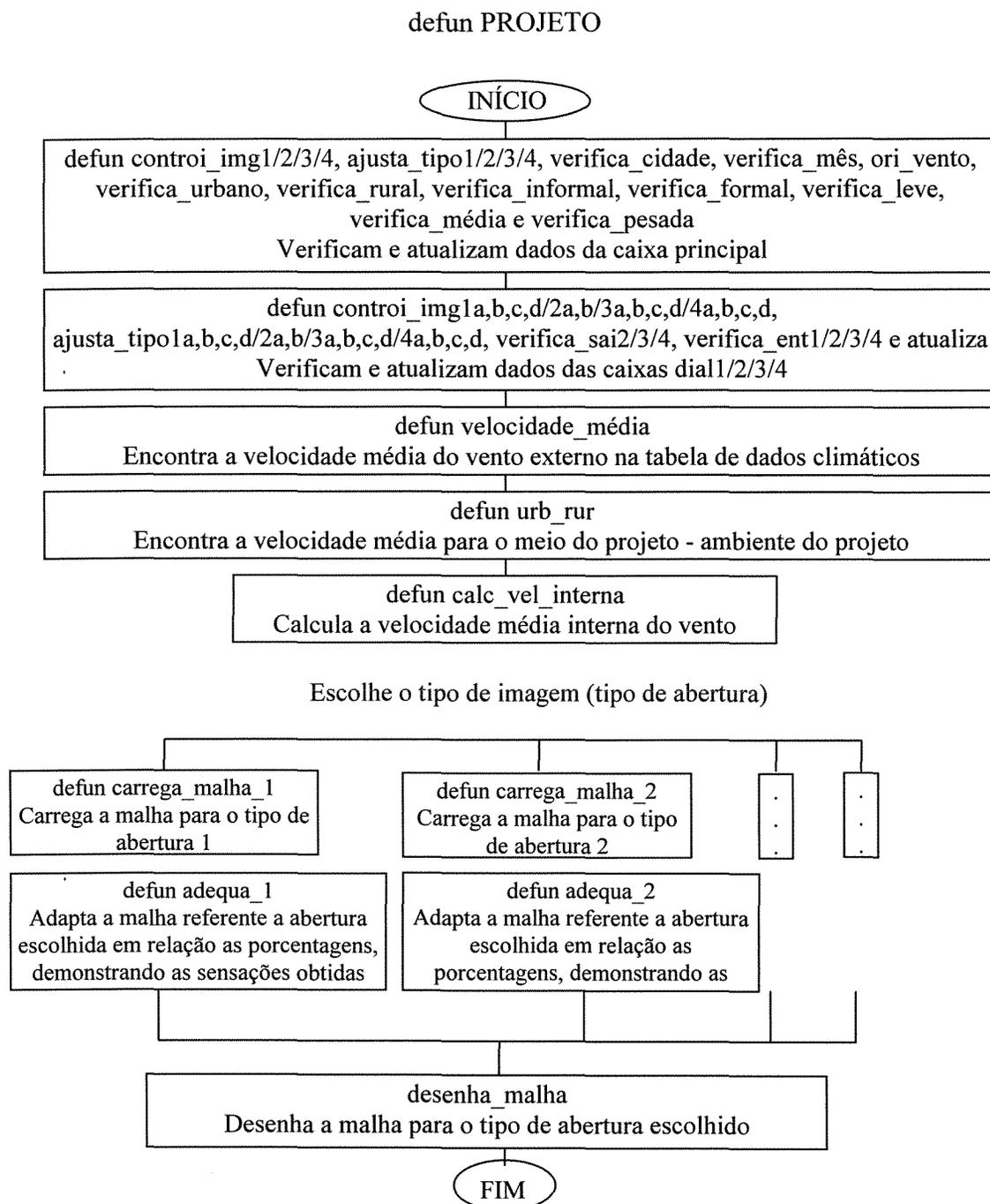


FIGURA 46 - Fluxograma do Desenvolvimento dos Dados - rotina projeto.

As funções **defun contro_i_img1/2/3/4** (Figura 47), **ajusta_tipo1/2/3/4**, **verifica_cidade**, **verifica_mês**, **ori_vento**, **verifica_urbano**, **verifica_rural**, **verifica_informal**, **verifica_formal**, **verifica_leve**, **verifica_média**, **verifica_pesada**, fazem parte da verificação de dados da caixa de diálogo principal.

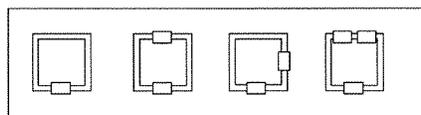


FIGURA 47 - Tipos de Aberturas Utilizadas no Aplicativo.

As funções **defun controimg1a,b,c,d** (Figura 47a) /**2a,b** (Figura 47b) /**3a,b,c,d** (Figura 47c) /**4a,b,c,d** (Figura 47d), **ajusta_tipo1a,b,c,d/2a,b/3a,b,c,d/4a,b,c,d**, **verifica_sai2/3/4**, **verifica_ent1/2/3/4** e **atualiza**, ajustam parâmetros de entrada de dados das demais caixas.

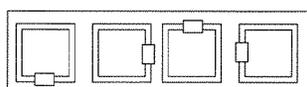


FIGURA 47a - Tipo de Abertura 1 - uma única abertura.

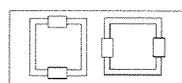


FIGURA 47b - Tipo de Abertura 2 - duas aberturas em paredes opostas.

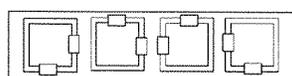


FIGURA 47c - Tipo de Abertura 3 - duas aberturas em paredes adjacentes.

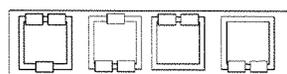


FIGURA 47d - Tipo de Abertura 4 - duas ou uma abertura em uma mesma parede ou em paredes opostas.

As **defun constroi_img1/2/3/4** foram criadas para construir imagens referentes aos desenhos do estudo de Givoni, para os tipos de aberturas 1, 2, 3, e 4. As **defun ajusta_tipo1/2/3/4** ajustam valores que determinam a opção desejada.

A **defun verifica_cidade** foi elaborada para encontrar a cidade escolhida pelo projetista, em uma tabela introduzida na programação Lisp. Esta função armazena o resultado em uma variável chamada “CIDADE”. A **defun verifica_mês** encontra, em uma tabela introduzida na programação Lisp, o mês escolhido pelo projetista e armazena em uma variável chamada “MES”.

A **defun ori_vento** encontra a orientação do vento em relação ao norte do projeto escolhido pelo projetista (variável “ORIENTACAO_DO_NORTE”) e armazena o valor em uma variável chamada “DIR_VENTO”. Nesta função ainda encontramos outra variável “SENTIDO” que, é utilizada para armazenar e comparar o sentido do vento (“f” perpendicular ou “d” 45°) em uma tabela (Tabela 14) onde podemos encontrar a malha adequada para a opção desejada pelo projetista.

As **defun verifica_urbano** e **verifica_rural** ajustam os valores em “0” e “1” e armazenam em variáveis chamadas “AMB_URBANO” e “AMB_RURAL”. As **defun verifica_informal** e **verifica_formal** ajustam os valores em “0” e “1” e armazenam em variáveis chamadas “VEST_INFORMAL” e “VEST_FORMAL”. As **defun verifica_leve**, **verifica_média** e **verifica_pesada** ajustam valores em “0” e “1” e armazenam em variáveis chamadas “ATIV_LEVE”, “ATIV_MEDIA” e “ATIV_PESADA”.

As **defun controli_img1a,b,c,d /2a,b/3a,b,c,d/4a,b,c,d**, foram criadas para construir imagens referentes aos desenhos do estudo de Givoni, para disposições 1, 2, 3, e 4. As **defun ajusta_tipo1a,b,c,d/ 2a,b/3a,b,c,d/4a,b,c,d**, ajustam valores que determinam a opção desejada; e são armazenadas em uma variável chamada “DISPOSICAO”.

As **defun verifica_sai2/3/4** e **verifica_ent1/2/3/4** encontram os valores da entrada e da saída escolhidos pelo projetista e armazenam-os em variáveis chamadas “ENT” e “SAI”. A **defun atualiza** verifica, de acordo com o valor de “ENT” e de “SAI”, a combinação resultante e armazena este valor em uma variável chamada “COMBINAÇÃO”.

Após a escolha do tipo de abertura, o programa executa uma rotina chamada “projeto”. Nesta rotina será analisado todos os dados de entrada para obtermos o resultado final do aplicativo. O resultado da avaliação é apresentado graficamente pela malha com as porcentagens referentes ao mês escolhido e as sensações de conforto através de uma cor específica, de acordo com o tipo de abertura e combinação determinada, sobreposta sobre a planta do projeto.

A **defun velocidade_media** foi elaborada para encontrar em uma tabela (*clima.tab*) os valores das velocidades médias referentes aos meses escolhidos pelo projetista. Esta função armazena o resultado em uma variável chamada “VELOCIDADE_ENCONTRADA”. A **defun urb_rur** encontra a velocidade do vento para o meio urbano ou rural, e armazena em variáveis, já determinadas chamadas “AMB_URBANO” e “AMB_RURAL”. A **defun calc_vel_interna** calcula, a partir da “VELOCIDADE_ENCONTRADA” e da “COMBINACAO”, a velocidade interna referente ao tamanho da abertura e de acordo com a área da parede (variável “AREA_DA_PAREDE”). O resultado é armazenado em uma variável chamada “VELOCIDADE_INTERNA”.

As **defun carrega_malha_1, 2, 3 e 4**, carregam a malha referente a “COMBINACAO” e ao “SENTIDO”, determinado pelo projetista em uma tabela (Tabela 14). O arquivo que armazena esta tabela é a *mod_1.tab*, para o tipo de abertura 1 e, assim sucessivamente para os demais tipos.

Após carregar a malha, as **defun adequa_1, 2, 3 e 4**, adaptam a malha referente a abertura escolhida e determinam se é necessário “rotacionar” ou “espelhar” a malha. A **defun desenha_malha** desenha a malha referente ao tipo de abertura, combinação e disposição escolhidas e, demonstra as sensações obtidas através de cor e das porcentagens.

Nesta função uma outra rotina é executada (**defun verifica_adequacao**) que, a partir dos valores das variáveis “VELOCIDADE_ENCONTRADA”, “VEST_INFORMAL” ou “VEST_FORMAL”, “ATIV_LEVE”, “ATIV_MEDIA” e “ATIV_PESADA”, verifica uma relação e encontra o valor determinado como “quente”, “confortável” ou “frio” e, armazena este valor em uma variável chamada “PORCENTAGEM” que será utilizada pela **defun desenha_malha**.

4.6. Desenvolvimento da Interface - Dialog Box x Lisp

A interface é composta pela caixa de diálogo principal, apresentada na Figura 48, permitindo o início da interação do usuário, para a aquisição dos parâmetros de caracterização do projeto.

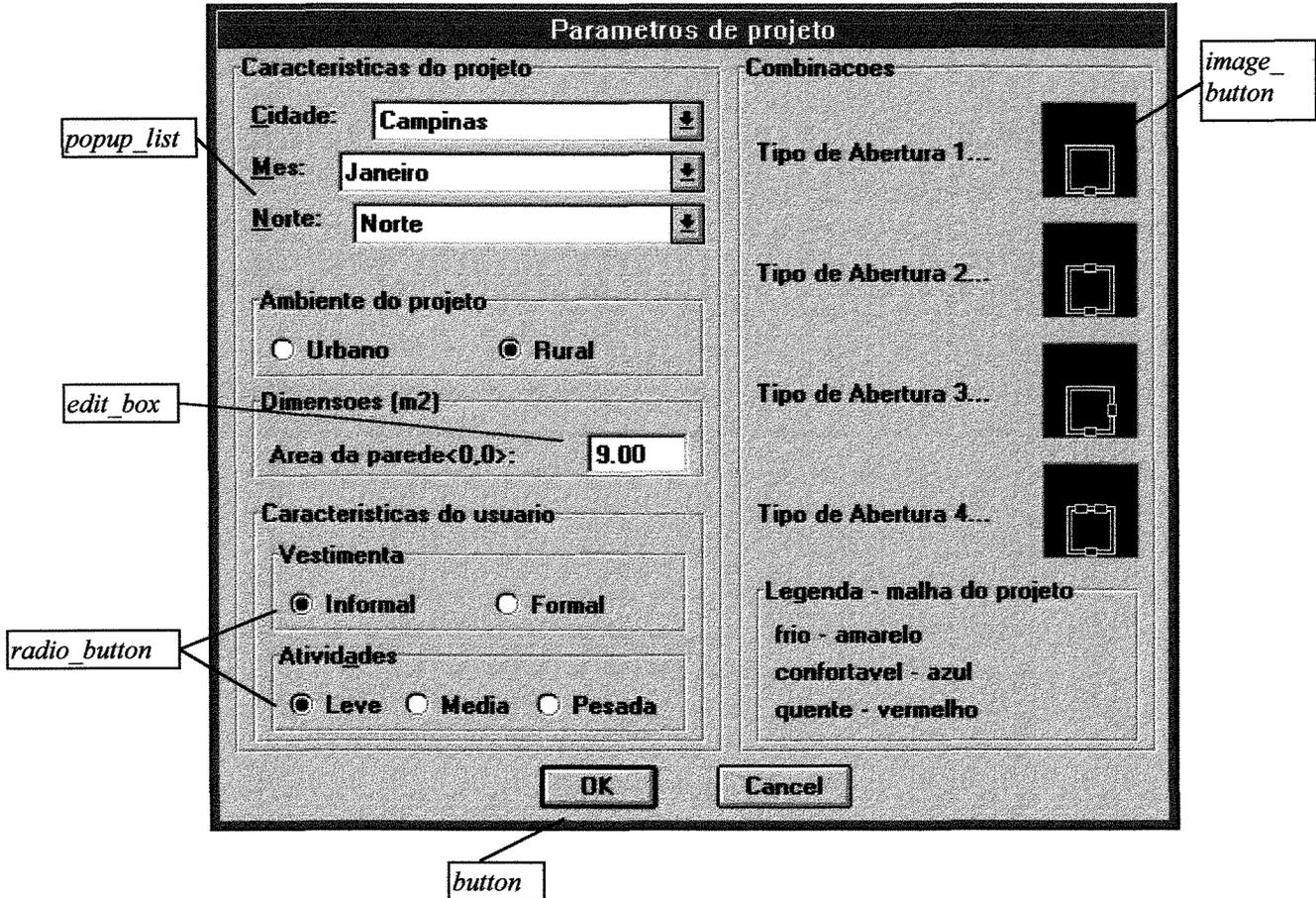


FIGURA 48 - Caixa de Diálogo Principal - interface.

A caixa de diálogo foi implementada em linguagem DCL (Dialogue Control language) (AutoCad - Advanced Tool, 1995).

Através da caixa de diálogo principal implementada no arquivo `dialog_v.dcl`, são abertas mais quatro caixas de diálogos nos arquivos `dial1.dcl`, `dial2.dcl`, `dial3.dcl` e `dial4.dcl`. Para a elaboração das caixas de diálogos, foram utilizados os seguintes componentes de interface:

- *popup_list*: Implementa uma lista de opções arranjadas em linhas de texto. Quando a caixa de diálogo é carregada, a *popup list* está fechada mostrando apenas, qual opção está selecionada naquele momento.

Na extremidade direita existe uma pequena seta que, ao ser “clificada”, faz com que a *popup list* se abra e, são exibidas todas as opções determinadas naquele campo. Ao selecionar um dos ítems da lista, a *popup list* se fecha exibindo somente a seleção corrente. Uma *popup list* não permite mais de uma seleção. Foi utilizada aqui em quatro casos: para indicar a cidade, o mês (janeiro, fevereiro,..., dezembro), para a orientação do norte do projeto (norte, noroeste, ..., sudoeste) e em quatro caixas de diálogos para determinar o tamanho de entrada e saída das aberturas.

- *radio_button*: Implementa escolhas exclusivas no grupo de botões que são dispostos em linha ou coluna. Apenas um botão pode ser selecionado de cada vez e, quando um é ativado, qualquer outro botão na mesma linha ou coluna que esteja ativado, é desativado. Na caixa de diálogo principal, utilizamos o *radio button* em três ocasiões para definições de: ambiente de projeto (urbano-rural), vestimenta (informal-formal) e atividades (leve-média-pesada).
- *image_button*: Implementa a escolha de imagens “clificando”, na caixa de diálogo, a imagem escolhida. Quando selecionamos uma imagem, o programa obtém coordenadas do ponto de seleção. Pode-se utilizar em desenhos pequenos e para seleção em diversos pontos na imagem. A *image button* foi empregada na caixa principal e nas demais, para a obtenção do tipo de abertura desejado.
- *edit_box*: Implementa um campo que permite que o usuário entre ou edite uma linha simples de texto fazendo uso do teclado. A *edit_box* foi utilizada para determinar (numericamente) a dimensão da área da parede que será colocada a abertura.
- *button*: Implementa ações imediatas como: abandonar a caixa de diálogo, abrir uma subcaixa, entre outros. Caixas de diálogo devem conter um *button* Ok (ou equivalente) para ser ativado pelo usuário quando a utilização da interface for concluída. Devem incluir também, um *button* Cancel que permite que o usuário deixe a caixa de diálogo sem provocar qualquer alteração.

A listagem computacional de elaboração desta caixa de diálogo pode ser encontrada no item 6.2 Anexo B.

O fluxograma da Figura 49, demonstra a organização de entrada de dados na interface (DCL) e a relação entre as caixas de diálogos. Para cada caixa de diálogo, foi elaborado um fluxograma (Figura 50) para interligação de dados. A Figura 51 a, b, c e d, mostram os quatro tipos de caixas para cada tipo de abertura escolhido.

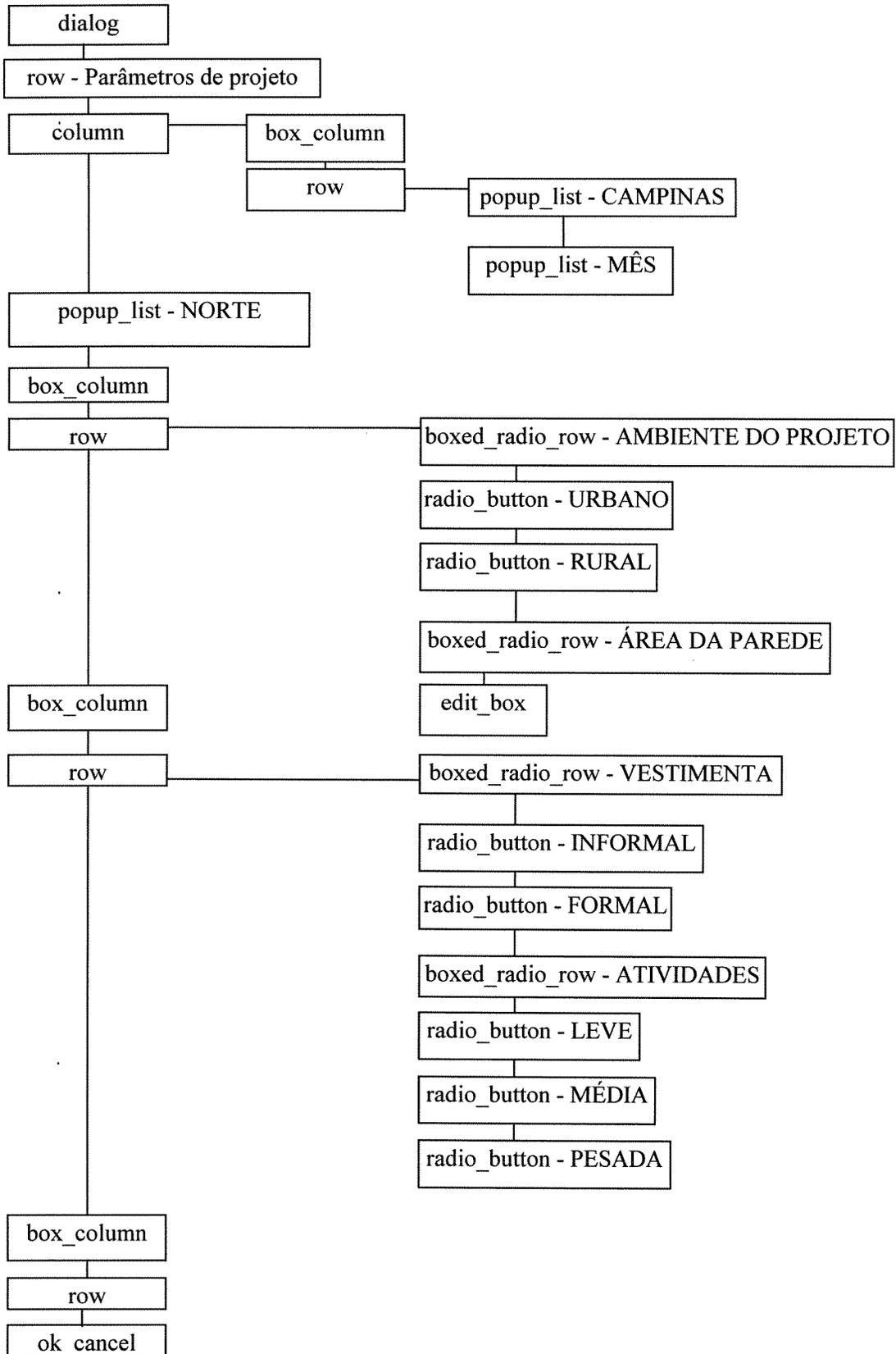
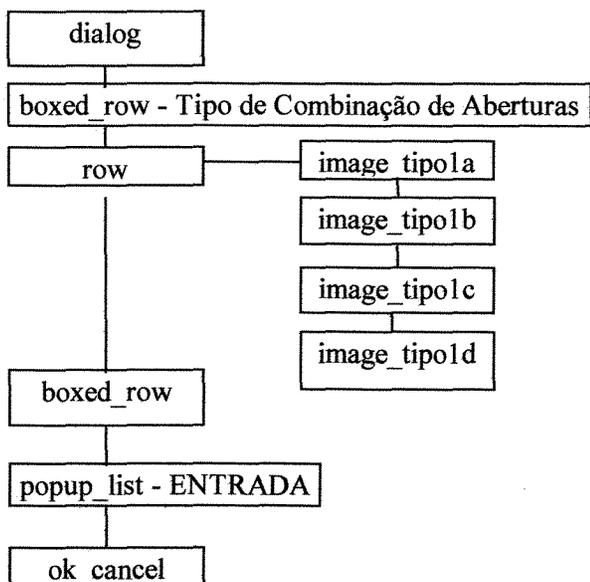


FIGURA 49 - Fluxograma do Desenvolvimento da Dialog Box.

CAIXA 1



CAIXA 2

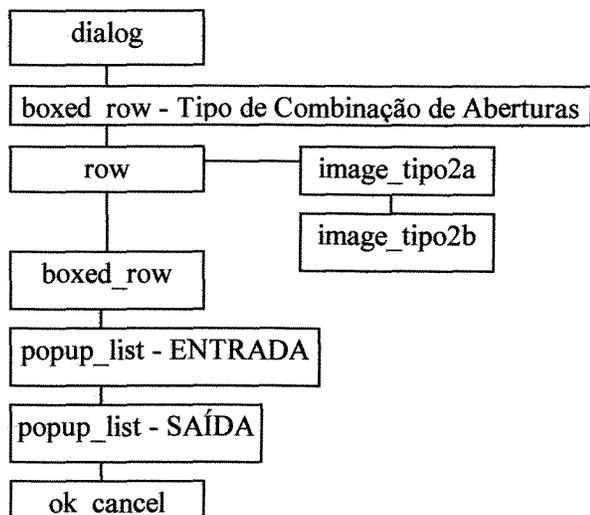


FIGURA 50 - Fluxograma das Caixas de Diálogo (1 e 2).

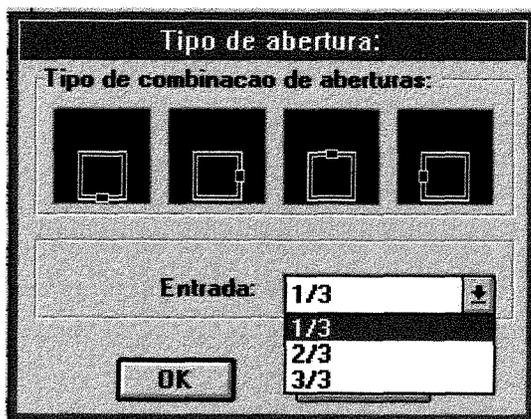


FIGURA 51 a - Caixa de Diálogo para o Tipo de Abertura 1.

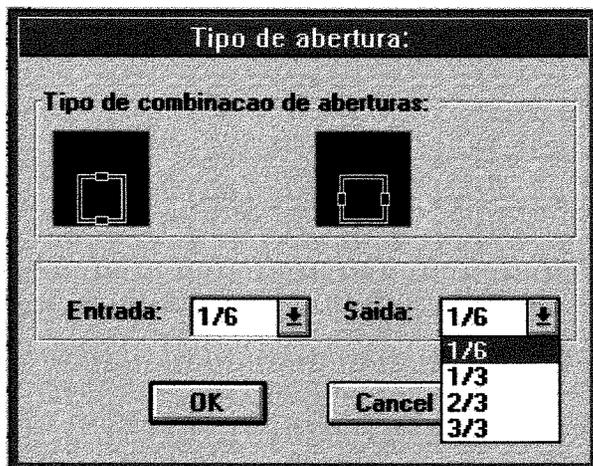


FIGURA 51 b - Caixa de Diálogo para o Tipo de Abertura 2.

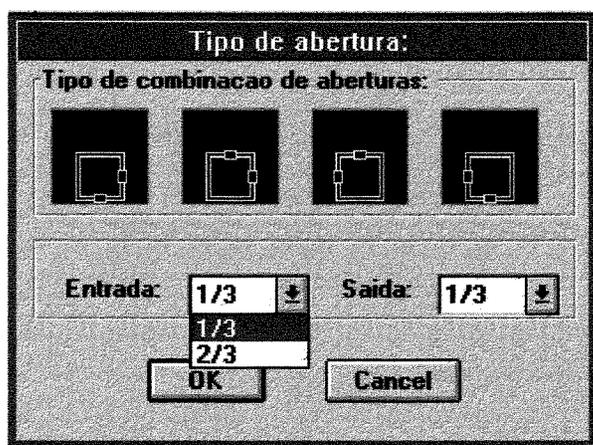


FIGURA 51 c - Caixa de Diálogo para o Tipo de Abertura 3.

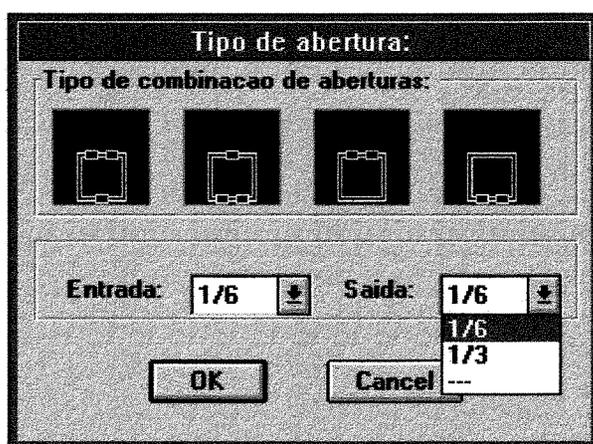


FIGURA 51 d - Caixa de Diálogo para o Tipo de Abertura 4.

As listagens computacionais de elaboração das caixas de diálogo podem ser encontradas no item 6.3 Anexo C.

4.7. Procedimento de Utilização da Ferramenta

Para a utilização da ferramenta, é necessário criar um diretório TRAB e, dentro deste diretório criar um outro de nome VENTO. Estando neste diretório, copiar todos os arquivos referentes ao aplicativo e depois, carregá-lo no ambiente do AutoCAD R.12/13 executando-se na opção *Applications* (load “vento.lsp”) que interpreta o programa em AutoLisp e possibilita sua utilização dentro do AutoCAD. Em seguida para ativar o aplicativo digita-se “vento” na linha do comando do AutoCad. A escolha dos parâmetros de caracterização do projeto é efetuada interagindo-se com a ferramenta através do uso do “teclado” e do “mouse”.

O aplicativo inicia com a Caixa de Diálogo (CD) da Figura 48. Através desta Caixa de Diálogo são obtidos os parâmetros de entrada: Cidade (Campinas), Mês (Janeiro,..., Dezembro), Norte do projeto em relação a rosa dos ventos (Norte, Noroeste, Oeste, Sudoeste, Sul, Sudeste, Leste e Nordeste), Características do projeto-Ambiente de projeto (rural ou urbano) e a Dimensão da área parede que será colocada a abertura (m^2), Características do usuário-Vestimenta (informal ou formal) e Atividade (leve, média ou pesada) e Tipo de abertura (1,2,3 e 4).

Uma vez escolhida a combinação de aberturas, uma nova Caixa de Diálogo é mostrada para o usuário para indicar a posição destas aberturas nas paredes desejadas no projeto e as dimensões de entrada e saída (1/6, 1/3, 2/3 e 3/3). As aberturas no projeto deverão estar em relação ao norte do projeto e a direção do vento. Escolhida a posição da combinação de aberturas, o usuário deve terminar a entrada de dados “clitando” no botão OK.

Finalmente o usuário é indagado para a inserção da área do cômodo, clicando 3 pontos (cantos) internos no desenho em CAD. A partir destes pontos, mostra-se a malha resultante sobre o desenho com os valores de percentagem da velocidade interna e a cor respectiva da adequação desta ventilação.

4.8. Apresentação dos Resultados e Estudo de Caso

Para a apresentação dos resultados, será demonstrado um estudo de caso (Figura 52) onde, podemos observar um projeto com variações de posições de aberturas e dimensionamento.

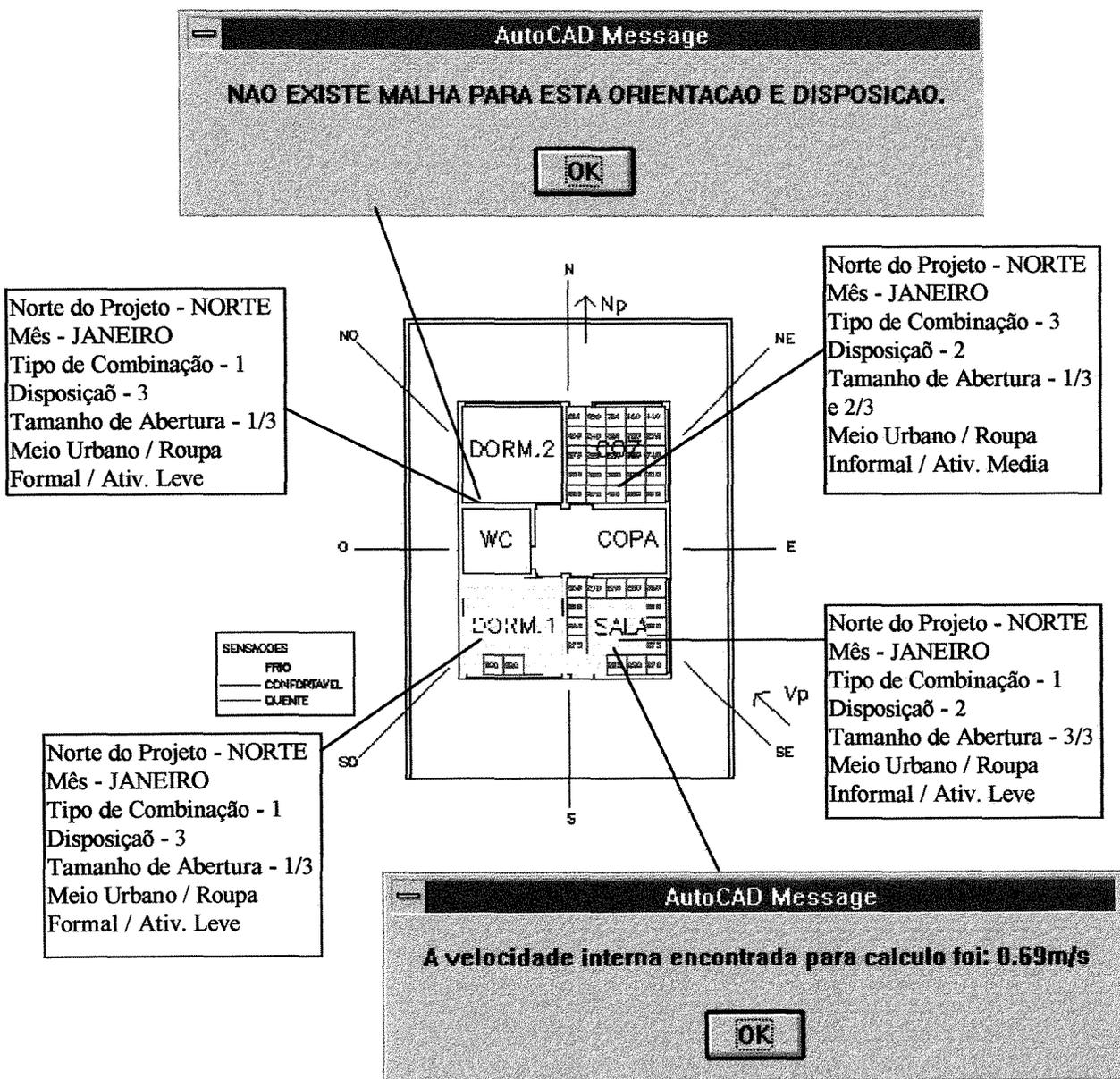


Figura 52 - Estudo de Caso.

Para entender melhor a orientação do norte do projeto, a Tabela 16 demonstra a relação do norte do projeto com a direção do vento. A partir desta relação, obtém-se as disposições das aberturas existentes para cada direção do vento, para os casos em que o vento predominante seja igual ao Sudeste.

NORTE DO PROJETO	DIREÇÃO DO VENTO	DIPOSIÇÕES DAS ABERTURAS EM RELAÇÃO AS ORIENTAÇÕES			
		Tipo de abertura 1	Tipo de abertura 2	Tipo de abertura 3	Tipo de abertura 4
“0” - NORTE	“5” - SUDESTE	1 e 2	1 e 2	2	1, 2 e 3
“1” - NOROESTE	“6” - LESTE	2	2	1 e 2	-
“2” - OESTE	“7” - NORDESTE	2 e 3	1 e 2	3	1, 2 e 4
“3” - SUDOESTE	“0” - NORTE	3	1	2 e 3	1, 2 e 4
“4” - SUL	“1” - NOROESTE	3 e 4	1 e 2	2 e 4	1, 2 e 4
“5” - SUDESTE	“2” - OESTE	4	2	3 e 4	-
“6” - LESTE	“3” - SUDOESTE	4	1 e 2	1 e 3	1, 2 e 3
“7” - NORDESTE	“4” - SUL	1	1	1 e 4	1, 2 e 3

Tabela 16 - Orientação do Norte do Projeto.

Como exemplo da utilização do aplicativo a Figura 53, demonstra a aplicação em um cômodo com orientação do norte em NORTE, mês-Jan. a Dez., meio URBANO, roupa-INFORMAL e atividade MÉDIA; com TIPO DE ABERTURA 1, DISPOSIÇÃO e TAMANHO DE ABERTURA 3/3. Para este caso, a direção do vento referente ao projeto será a “5” SUDESTE.

Os resultados apresentados demonstram que, com a velocidade apresentada para os meses e para este tamanho de abertura, a representação é quase igual para todos os meses. Ocorrerão alterações se houver diferença nos parâmetros como: meio, roupa, atividade, tipo de abertura, disposição e tamanho da abertura. Os valores da velocidade média interna encontrados neste exemplo são: Janeiro - 0,69 m/s, Fevereiro - 0,93 m/s, Março - 0,55 m/s, Abril - 0,77 m/s, Maio - 0,77 m/s, Junho - 0,62 m/s, Julho - 0,77 m/s, Agosto - 0,62 m/s, Setembro - 1,08 m/s, Outubro - 0,93 m/s, Novembro - 1,00 m/s, Dezembro - 0,84 m/s.

A legenda apresentada demonstra, as cores referentes às sensações no cômodo analisado. A cor amarela (frio) refere-se à sensação de frio. A cor azul (confortável) refere-se à sensação de confortável. A cor vermelha (quente) refere-se à sensação de calor.

Desta forma a Figura 53 demonstra que, no cômodo analisado, a predominância da cor amarela, revela que é necessário uma abertura menor ou um controle desta abertura para que o cômodo seja confortável.

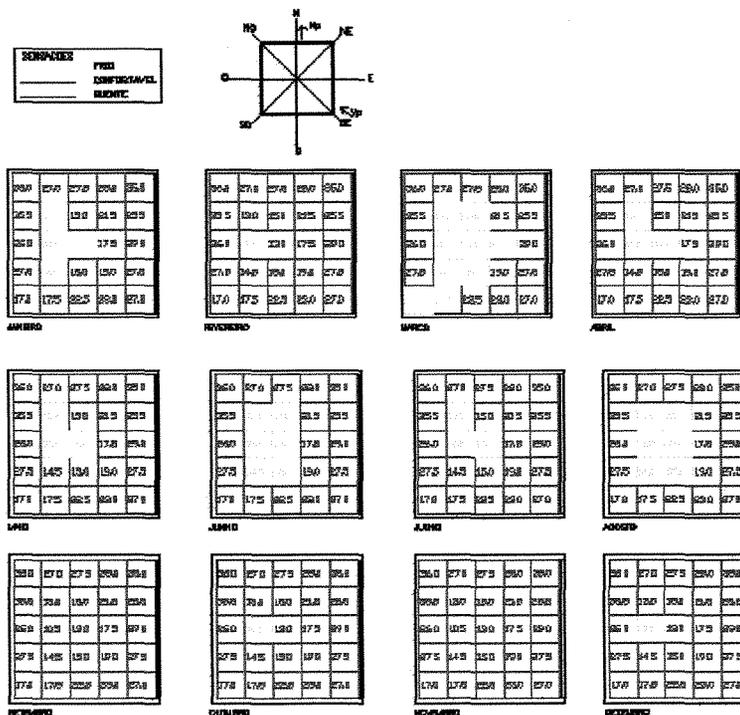


Figura 53 - Estudo de Caso para um Cômodo com Variação dos Meses.

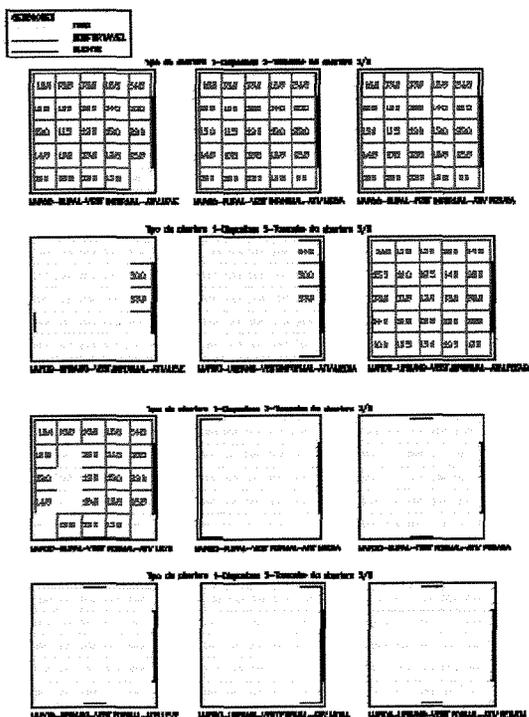


Figura 54 - Estudo Comparativo entre o Meio Urbano e Rural, Utilizando Vestimenta Formal e Informal e Atividade Leve, Média e Pesada - Mês de Março.

A Figura 54 demonstra exemplos de utilização do aplicativo onde, podemos observar alterações nos parâmetros de entrada. Este exemplo foi elaborado com: Tipo de Abertura 1, Disposição 2, Tamanho de Abertura 2/3. Os parâmetros analisados foram: mês - JANEIRO, meio - RURAL e URBANO, vestimenta - INFORMAL e FORMAL e atividade - LEVE, MÉDIA e PESADA.

Pode-se concluir que para o meio rural e com estes parâmetros, o cômodo estaria entre confortável e frio. Desta forma devem ser utilizada um tamanho de abertura maior em alguns casos. Para o meio urbano, o cômodo estaria entre frio e confortável. Assim, poderia ser utilizada uma abertura menor em alguns casos ou, um controle desta abertura.

Pode-se concluir que, para o meio rural e urbano e com estes parâmetros, o cômodo estaria entre confortável e frio. Desta forma poderia ser utilizada um tamanho de abertura menor em alguns casos ou, um controle desta abertura.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de um aplicativo simples sobre uma planta de um projeto arquitetônico feito em CAD (AutoCad R. 13) facilita a avaliação da ventilação natural cômodo por cômodo. A ferramenta pretende ser útil, aplicando a riqueza do estudo empírico desenvolvido por Givoni diretamente ao ambiente de criação em projeto. O projetista poderá utilizar esta ferramenta ao passo que está projetando, sem abandonar o ambiente de projeto. Desta forma o projetista avalia seu projeto e têm a possibilidade de alterar soluções propostas com maior rapidez e de forma simples.

As restrições referentes ao projeto, limitam-se aos tipos de combinação de abertura resultantes em relação ao norte do projeto proposto na ferramenta, bem como, algumas combinações de dimensionamento de entrada e saída que, algumas vezes, não foram analisadas no estudo de Givoni para alguns tipos de aberturas.

O aplicativo ainda apresenta algumas limitações como: os cômodos analisados devem ser quadrados em virtude do estudo proposto por Givoni, cada cômodo deve ser analisado um a um, os dimensionamentos das aberturas são os propostos no estudo (1/6, 1/3, 2/3 e 3/3), os posicionamentos das aberturas são apenas os apresentados por Givoni e nesta fase, apenas foi elaborado para a cidade de Campinas, havendo a possibilidade de ampliação dos dados meteorológicos.

Para uma fase posterior a essa, podemos propor a inclusão de novas tabelas de dados meteorológicos para análise de outras cidades bem como, a elaboração de caixas de diálogos com sugestões referentes aos resultados apresentados na análise de um determinado cômodo. Ainda nesta fase, poderíamos elaborar novas tabelas de sensações que levariam em consideração as temperaturas internas do cômodo que estaria sendo analisado. Poderíamos ainda, alterar algumas rotinas do sistema para que o cômodo pudesse ser analisado para o ano todo de uma só vez ou incluir tabelas onde pudéssemos analisar o cômodo para meses típicos de verão e de inverno somente.

Futuramente, o aplicativo poderá ser reestudado para cômodos retangulares, onde deverá ser analisado qual a porcentagem de validade das dimensões do modelo proposto por Givoni e o aproveitamento dos mesmos resultado obtidos por ele.

Poderá ser elaborado estudos comparativos utilizando outros aplicativos (ferramentas), com esta ferramenta proposta. Um exemplo seria a utilização do aplicativo BREEZE com a ferramenta para análise da avaliação da ventilação natural em cômodos.

Outra possibilidade seria a ampliação desta ferramenta através de novos dados, para que ela pudesse analisar os cômodos não apenas no aspecto da ventilação natural mas, outras questões relacionadas ao conforto térmico. Com relação a ventilação natural poderíamos incluir a questão do efeito chaminé na análise dos cômodos.

Os resultados poderiam incluir análises térmicas que levassem em consideração o sistema construtivo, o número de ocupantes, o posicionamento e a localização da edificação em relação ao meio (urbano, rural, barreiras, entre outros) bem como, o posicionamento e a localização das aberturas e a forma da edificação proposta.

6. ANEXOS

Neste ítem apresentamos as listagens referentes ao aplicativo desenvolvido.

6.1. Anexo A - Listagem do arquivo em Lisp

;;;Projeto de pesquisa:

;;;**APLICATIVO SOBRE VENTILAÇÃO NATURAL UTILIZANDO O MÉTODO DE GIVONI**

;;;Auxílio CAPES

;;;Projeto desenvolvido no curso de MESTRADO da UNICAMP/FEC

;;;DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO

;;;Pesquisadores

;;; Bolsista Alessandra Rodrigues Prata

;;;Orientadoras

;;; Prof.Dra. Doris C.C.K.Kowaltowski

;;; Prof.Dra. Lucila C. Labaki

;;; Prof.Dra. Regina C. Rushel (colaboradora/técnica)

;;;Arquivo: **vento.lsp**

;;;Programado por: Alessandra Rodrigues Prata

;;;Data iniciação: Julho/97

;;;Data término: Fevereiro/98

;;;ROTINAS PARA EXECUTAR ROTAÇÃO E MIRROR DA MATRIZ

```
(defun atribui()
  (setq MA- MA)
  (setq MB- MB)
  (setq MC- MC)
  (setq MD- MD)
  (setq ME- ME)
  (setq MF- MF)
  (setq MG- MG)
  (setq MH- MH)
  (setq MI- MI)
  (setq MJ- MJ)
  (setq MK- MK)
  (setq ML- ML)
  (setq MM- MM)
  (setq MN- MN)
  (setq MO- MO)
  (setq MP- MP)
  (setq MQ- MQ)
  (setq MR- MR)
  (setq MS- MS)
  (setq MT- MT)
  (setq MU- MU)
  (setq MV- MV)
  (setq MX- MX)
  (setq MY- MY)
  (setq MZ- MZ)
);;fecha defun atribui
```

```
(defun rotacao_1()
  (atribui)
  (setq MA MU-)
  (setq MB MP-)
  (setq MC MK-)
  (setq MD MF-)
  (setq ME MA-)
  (setq MF MV-)
  (setq MG MQ-)
```

```
(setq MH ML-)
(setq MI MG-)
(setq MJ MB-)
(setq MK MX-)
(setq ML MR-)
(setq MM MM-)
(setq MN MH-)
(setq MO MC-)
(setq MP MY-)
(setq MQ MS-)
(setq MR MN-)
(setq MS MI-)
(setq MT MD-)
(setq MU MZ-)
(setq MV MT-)
(setq MX MO-)
(setq MY MJ-)
(setq MZ ME-)
);;:fecha defun rotacao_1
```

```
(defun rotacao_2()
  (atribui)
  (setq MA MZ-)
  (setq MB MY-)
  (setq MC MX-)
  (setq MD MV-)
  (setq ME MU-)
  (setq MF MT-)
  (setq MG MS-)
  (setq MH MR-)
  (setq MI MQ-)
  (setq MJ MP-)
  (setq MK MO-)
  (setq ML MN-)
  (setq MM MM-)
  (setq MN ML-)
  (setq MO MK-)
  (setq MP MJ-)
  (setq MQ MI-)
```

```
(setq MR MH-)
(setq MS MG-)
(setq MT MF-)
(setq MU ME-)
(setq MV MD-)
(setq MX MC-)
(setq MY MB-)
(setq MZ MA-)
);;fecha defun rotacao_2
```

```
(defun rotacao_3()
  (atribui)
  (setq MA ME-)
  (setq MB MJ-)
  (setq MC MO-)
  (setq MD MT-)
  (setq ME MZ-)
  (setq MF MD-)
  (setq MG MI-)
  (setq MH MN-)
  (setq MI MS-)
  (setq MJ MY-)
  (setq MK MC-)
  (setq ML MH-)
  (setq MM MM-)
  (setq MN MR-)
  (setq MO MX-)
  (setq MP MB-)
  (setq MQ MG-)
  (setq MR ML-)
  (setq MS MQ-)
  (setq MT MV-)
  (setq MU MA-)
  (setq MV MF-)
  (setq MX MK-)
  (setq MY MP-)
  (setq MZ MU-)
);;fecha defun rotacao_3
```

```
(defun mirror_1)
  (atribui)
  (setq MA ME-)
  (setq MB MD-)
  (setq MC MC-)
  (setq MD MB-)
  (setq ME MA-)
  (setq MF MJ-)
  (setq MG MI-)
  (setq MH MH-)
  (setq MI MG-)
  (setq MJ MF-)
  (setq MK MO-)
  (setq ML MN-)
  (setq MM MM-)
  (setq MN ML-)
  (setq MO MK-)
  (setq MP MT-)
  (setq MQ MS-)
  (setq MR MR-)
  (setq MS MQ-)
  (setq MT MP-)
  (setq MU MZ-)
  (setq MV MY-)
  (setq MX MX-)
  (setq MY MV-)
  (setq MZ MU-)
);;fecha defun mirror_1
```

```
(defun mirror_2)
  (atribui)
  (setq MA MU-)
  (setq MB MV-)
  (setq MC MX-)
  (setq MD MY-)
  (setq ME MZ-)
  (setq MF MP-)
  (setq MG MQ-)
  (setq MH MR-)
```

```
(setq MI MS-)
(setq MJ MT-)
(setq MK MK-)
(setq ML ML-)
(setq MM MM-)
(setq MN MN-)
(setq MO MO-)
(setq MP MF-)
(setq MQ MG-)
(setq MR MH-)
(setq MS MI-)
(setq MT MJ-)
(setq MU MA-)
(setq MV MB-)
(setq MX MC-)
(setq MY MD-)
(setq MZ ME-)
);;fecha defun mirror_2
```

```
(defun mirror_3()
  (atribui)
  (setq MA MZ-)
  (setq MB MY-)
  (setq MC MX-)
  (setq MD MV-)
  (setq ME MU-)
  (setq MF MT-)
  (setq MG MS-)
  (setq MH MR-)
  (setq MI MQ-)
  (setq MJ MP-)
  (setq MK MO-)
  (setq ML MN-)
  (setq MM MM-)
  (setq MN ML-)
  (setq MO MK-)
  (setq MP MJ-)
  (setq MQ MI-)
  (setq MR MH-)
```

```
(setq MS MG-)
(setq MT MF-)
(setq MU ME-)
(setq MV MD-)
(setq MX MC-)
(setq MY MB-)
(setq MZ MA-)
);;fecha defun mirror_3
```

```
(defun mirror_4()
  (atribui)
  (setq MA MA-)
  (setq MB MF-)
  (setq MC MK-)
  (setq MD MP-)
  (setq ME MU-)
  (setq MF MB-)
  (setq MG MG-)
  (setq MH ML-)
  (setq MI MQ-)
  (setq MJ MV-)
  (setq MK MC-)
  (setq ML MH-)
  (setq MM MM-)
  (setq MN MR-)
  (setq MO MX-)
  (setq MP MD-)
  (setq MQ MI-)
  (setq MR MN-)
  (setq MS MS-)
  (setq MT MY-)
  (setq MU ME-)
  (setq MV MJ-)
  (setq MX MO-)
  (setq MY MT-)
  (setq MZ MZ-)
);;fecha defun mirror_4
```

```
(defun mirror_5)
  (atribui)
  (setq MA ME-)
  (setq MB MJ-)
  (setq MC MO-)
  (setq MD MT-)
  (setq ME MZ-)
  (setq MF MD-)
  (setq MG MI-)
  (setq MH MN-)
  (setq MI MS-)
  (setq MJ MY-)
  (setq MK MC-)
  (setq ML MH-)
  (setq MM MM-)
  (setq MN MR-)
  (setq MO MX-)
  (setq MP MB-)
  (setq MQ MG-)
  (setq MR ML-)
  (setq MS MQ-)
  (setq MT MV-)
  (setq MU MA-)
  (setq MV MF-)
  (setq MX MK-)
  (setq MY MP-)
  (setq MZ MU-)
);;fecha defun mirror_5
```

```
(defun mirror_6)
  (atribui)
  (setq MA MZ-)
  (setq MB MT-)
  (setq MC MO-)
  (setq MD MJ-)
  (setq ME ME-)
  (setq MF MY-)
  (setq MG MS-)
  (setq MH MN-)
```

```

(setq MI MI-)
(setq MJ MD-)
(setq MK MX-)
(setq ML MR-)
(setq MM MM-)
(setq MN MH-)
(setq MO MC-)
(setq MP MV-)
(setq MQ MQ-)
(setq MR ML-)
(setq MS MG-)
(setq MT MB-)
(setq MU MU-)
(setq MV MP-)
(setq MX MK-)
(setq MY MF-)
(setq MZ MA-)
);;fecha defun mirror_6

```

;;;ENCONTRA A RELAÇÃO VESTIMENTA X ATIVIDADE - PROJETO

```

(defun verifica_adequacao()
  (setq VALOR (* VELOCIDADE_INTERNA (/ PORCENTAGEM 100)))
  (if (and (= VEST_INFORMAL "1") (= ATIV_LEVE "1"))
    (progn
      (if (> VALOR 0.5)
        (setq LAYER "quente")
        );;fecha if
      (if (and (>= VALOR 0.15) (<= VALOR 0.5))
        (setq LAYER "confortavel")
        );;fecha if
      (if (< VALOR 0.15)
        (setq LAYER "frio"));;fecha if);;fecha progn);;fecha if
    (if (and (= VEST_FORMAL "1") (= ATIV_LEVE "1"))
      (progn
        (if (> VALOR 1.0)
          (setq LAYER "quente")
          );;fecha if
        (if (and (>= VALOR 0.20) (<= VALOR 1.0))

```

```

        (setq LAYER "confortavel")
    );;;fecha if
    (if (< VALOR 0.20)
        (setq LAYER "frio"));;;fecha if;;;fecha progn;;;fecha if
(if (and (= VEST_INFORMAL "1") (= ATIV_MEDIA "1"))
    (progn
        (if (> VALOR 0.5)
            (setq LAYER "quente")
        );;;fecha if
        (if (and (>= VALOR 0.10) (<= VALOR 0.5))
            (setq LAYER "confortavel")
        );;;fecha if
        (if (< VALOR 0.10)
            (setq LAYER "frio"));;;fecha if;;;fecha progn;;;fecha if
    )
(if (and (= VEST_FORMAL "1") (= ATIV_MEDIA "1"))
    (progn
        (if (>= VALOR 0.0)
            (setq LAYER "frio"));;;fecha if;;;fecha progn;;;fecha if
    )
(if (and (= VEST_FORMAL "1") (= ATIV_PESADA "1"))
    (progn
        (if (>= VALOR 0.0)
            (setq LAYER "frio"));;;fecha if;;;fecha progn;;;fecha if
    )
(if (and (= VEST_FORMAL "1") (= ATIV_PESADA "1"))
    (progn
        (if (>= VALOR 0.0)
            (setq LAYER "frio")
        );;;fecha if;;;fecha progn;;;fecha if
    )
    (princ)
);;;fecha defun verifica_adequacao

```

;;;FUNÇÃO PARA DESENHAR A MALHA GENÉRICA (MALHA PARA TODOS OS TIPOS DE ABERTURAS)

```

(defun desenha_malha()
    (setvar "cmdecho" 0)
    (command "layer" "n" "frio,confortavel,quente" "c" "yellow" "frio" "c" "blue" "confortavel" "c" "red"
"quente" "")
    (command "osnap" "int")
    (setq ORIGEM (getpoint "\n Clique no canto inferior esquerdo : "))

```

```
(setq DIRECAO_X (getpoint "\n Clique no canto inferior direito : "))
(setq DIRECAO_Y (getpoint "\n Clique no canto superior esquerdo : "))
(command "osnap" "none")
(command "UCS" "3p" ORIGEM DIRECAO_X DIRECAO_Y)
(setq XO 0)
(setq YO 0)
(setq LADO (distance ORIGEM DIRECAO_X))
(setq FATOR_MULTIPLICATIVO (/ LADO 5.0))
(setq PORCENTAGEM (atof MA))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq PONTO_INS (list XO YO))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MA)
(setq PORCENTAGEM (atof MB))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
(setq YP YO)
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MB)
(setq PORCENTAGEM (atof MC))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
(setq YP YO)
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MC)
(setq PORCENTAGEM (atof MD))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
(setq YP YO)
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MD)
(setq PORCENTAGEM (atof ME))
```

```

(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
(setq YP YO)
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" ME)
(setq PORCENTAGEM (atof MF))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP XO)
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MF)
(setq PORCENTAGEM (atof MG))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MG)
(setq PORCENTAGEM (atof MH))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MH)
(setq PORCENTAGEM (atof MI))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MI)

```

```
(setq PORCENTAGEM (atof MJ))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MJ)
(setq PORCENTAGEM (atof MK))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP XO)
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MK)
(setq PORCENTAGEM (atof ML))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" ML)
(setq PORCENTAGEM (atof MM))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MM)
(setq PORCENTAGEM (atof MN))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
```

```

      (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MN)
      (setq PORCENTAGEM (atof MO))
      (verifica_adequacao)
      (command "layer" "s" LAYER "")
      (setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
      (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
      (setq PONTO_INS (list XP YP))
      (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MO)
      (setq PORCENTAGEM (atof MP))
      (verifica_adequacao)
      (command "layer" "s" LAYER "")
      (setq XP XO)
      (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
      (setq PONTO_INS (list XP YP))
      (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MP)
      (setq PORCENTAGEM (atof MQ))
      (verifica_adequacao)
      (command "layer" "s" LAYER "")
      (setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
      (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
      (setq PONTO_INS (list XP YP))
      (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MQ)
      (setq PORCENTAGEM (atof MR))
      (verifica_adequacao)
      (command "layer" "s" LAYER "")
      (setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
      (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
      (setq PONTO_INS (list XP YP))
      (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MR)
      (setq PORCENTAGEM (atof MS))
      (verifica_adequacao)
      (command "layer" "s" LAYER "")
      (setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
      (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))

```

```

        (setq PONTO_INS (list XP YP))
        (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MS)
        (setq PORCENTAGEM (atof MT))
        (verifica_adequacao)
        (command "layer" "s" LAYER "")
        (setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
        (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
        (setq PONTO_INS (list XP YP))
        (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MT)
        (setq PORCENTAGEM (atof MU))
        (verifica_adequacao)
        (command "layer" "s" LAYER "")
        (setq XP XO)
        (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
        (setq PONTO_INS (list XP YP))
        (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MU)
        (setq PORCENTAGEM (atof MV))
        (verifica_adequacao)
        (command "layer" "s" LAYER "")
        (setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 1)))
        (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
        (setq PONTO_INS (list XP YP))
        (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MV)
        (setq PORCENTAGEM (atof MX))
        (verifica_adequacao)
        (command "layer" "s" LAYER "")
        (setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 2)))
        (setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
        (setq PONTO_INS (list XP YP))
        (command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MX)
        (setq PORCENTAGEM (atof MY))
        (verifica_adequacao)
        (command "layer" "s" LAYER "")
        (setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 3)))
    
```

```
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MY)
(setq PORCENTAGEM (atof MZ))
(verifica_adequacao)
(command "layer" "s" LAYER "")
(setq XP (+ XO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
(setq YP (+ YO (* FATOR_MULTIPLICATIVO 4)))
(setq PONTO_INS (list XP YP))
(command "insert" "c:\\trab\\vento\\divisao" PONTO_INS FATOR_MULTIPLICATIVO
FATOR_MULTIPLICATIVO "0" MZ)
(command "UCS" "")
(setvar "cmdecho" 1)
);;:fecha desenha_malha
```

;;; ROTINA PARA ADEQUAR A MALHA A ESCOLHA DO PROJETISTA (PARA TIPO DE ABERTURA 4)

```
(defun adequa_4 ()
  (if (and (= DIR_VENTO "0") (= DISPOSICAO "1"))
    (progn
      (rotacao_2)
      (setq RODA_MALHA 1)))
  (if (and (= DIR_VENTO "0") (= DISPOSICAO "2"))
    (progn
      (rotacao_2)
      (setq RODA_MALHA 1)))
  (if (and (= DIR_VENTO "0") (= DISPOSICAO "4"))
    (progn
      (rotacao_2)
      (setq RODA_MALHA 1)))
  (if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "1"))
    (progn
      (mirror_2)
      (setq RODA_MALHA 1)))
  (if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "2"))
    (progn
      (mirror_2)
```

```
(setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "4"))
  (progn
    (mirror_2)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "1"))
  (setq RODA_MALHA 1))
(if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "2"))
  (setq RODA_MALHA 1))
(if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "3"))
  (setq RODA_MALHA 1))
(if (and (= DIR_VENTO "4") (= DISPOSICAO "1"))
  (setq RODA_MALHA 1))
(if (and (= DIR_VENTO "4") (= DISPOSICAO "2"))
  (setq RODA_MALHA 1))
(if (and (= DIR_VENTO "4") (= DISPOSICAO "3"))
  (setq RODA_MALHA 1))
(if (and (= DIR_VENTO "5") (= DISPOSICAO "1"))
  (progn
    (mirror_1)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "5") (= DISPOSICAO "2"))
  (progn
    (mirror_1)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "5") (= DISPOSICAO "3"))
  (progn
    (mirror_1)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "7") (= DISPOSICAO "1"))
  (progn
    (rotacao_2)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "7") (= DISPOSICAO "2"))
  (progn
    (rotacao_2)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "7") (= DISPOSICAO "4"))
  (progn
```

```
(rotacao_2)
  (setq RODA_MALHA 1)))
(princ)
)
```

;;;CARREGA A MALHA CORRETA PARA O TIPO DE ABERTURA = 4

```
(defun carrega_malha_4()
  (setq LE (open "c:\\trab\\vento\\mod_4.tab" "r"))
  (setq LN_COMBINACAO "0")
  (while (/= LN_COMBINACAO nil)
    (setq LN_COMBINACAO (read-line LE))
    (setq LN_A (read-line LE))
    (setq LN_B (read-line LE))
    (setq LN_C (read-line LE))
    (setq LN_D (read-line LE))
    (setq LN_E (read-line LE))
    (setq LN_F (read-line LE))
    (setq LN_G (read-line LE))
    (setq LN_H (read-line LE))
    (setq LN_I (read-line LE))
    (setq LN_J (read-line LE))
    (setq LN_K (read-line LE))
    (setq LN_L (read-line LE))
    (setq LN_M (read-line LE))
    (setq LN_N (read-line LE))
    (setq LN_O (read-line LE))
    (setq LN_P (read-line LE))
    (setq LN_Q (read-line LE))
    (setq LN_R (read-line LE))
    (setq LN_S (read-line LE))
    (setq LN_T (read-line LE))
    (setq LN_U (read-line LE))
    (setq LN_V (read-line LE))
    (setq LN_X (read-line LE))
    (setq LN_Y (read-line LE))
    (setq LN_Z (read-line LE))
    (setq LN_SENTIDO (read-line LE))
    (if (and (= COMBINACAO LN_COMBINACAO) (= SENTIDO LN_SENTIDO))
```

```
(progn
  (setq MA LN_A)
  (setq MB LN_B)
  (setq MC LN_C)
  (setq MD LN_D)
  (setq ME LN_E)
  (setq MF LN_F)
  (setq MG LN_G)
  (setq MH LN_H)
  (setq MI LN_I)
  (setq MJ LN_J)
  (setq MK LN_K)
  (setq ML LN_L)
  (setq MM LN_M)
  (setq MN LN_N)
  (setq MO LN_O)
  (setq MP LN_P)
  (setq MQ LN_Q)
  (setq MR LN_R)
  (setq MS LN_S)
  (setq MT LN_T)
  (setq MU LN_U)
  (setq MV LN_V)
  (setq MX LN_X)
  (setq MY LN_Y)
  (setq MZ LN_Z)
  (setq LN_COMBINACAO (read-line LE))
) ;; fecha progn
) ;; fecha if
) ;; fecha while
(close LE)
(princ)
) ;; fecha defun carrega_malha4

;;; ROTINA PARA ADEQUAR A MALHA A ESCOLHA DO PROJETISTA (PARA TIPO
DE ABERTURA 3)

(defun adequa_3 ()
  (if (and (= DIR_VENTO "0") (= DISPOSICAO "2"))
```

```
(progn
  (mirror_2)
  (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "0") (= DISPOSICAO "3"))
  (progn
    (mirror_3)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "2"))
  (progn
    (mirror_2)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "4"))
  (progn
    (mirror_5)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "2") (= DISPOSICAO "3"))
  (progn
    (mirror_4)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "2") (= DISPOSICAO "4"))
  (progn
    (rotacao_3)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "1"))
  (setq RODA_MALHA 1))
(if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "3"))
  (progn
    (mirror_4)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "4") (= DISPOSICAO "1"))
  (setq RODA_MALHA 1))
)
(if (and (= DIR_VENTO "4") (= DISPOSICAO "4"))
  (progn
    (mirror_1)
    (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "5") (= DISPOSICAO "2"))
  (progn
    (rotacao_1)
```

```

                (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "6") (= DISPOSICAO "1"))
    (progn
      (mirror_6)
      (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "6") (= DISPOSICAO "2"))
    (progn
      (rotacao_1)
      (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "7") (= DISPOSICAO "3"))
    (progn
      (mirror_3)
      (setq RODA_MALHA 1)))
(princ)
)

```

;;;CARREGA A MALHA CORRETA PARA O TIPO DE ABERTURA = 3

```

(defun carrega_malha_3()
  (setq LE (open "c:\\trab\\vento\\mod_3.tab" "r"))
  (setq LN_COMBINACAO "0")
  (while (/= LN_COMBINACAO nil)
    (setq LN_COMBINACAO (read-line LE))
    (setq LN_A (read-line LE))
    (setq LN_B (read-line LE))
    (setq LN_C (read-line LE))
    (setq LN_D (read-line LE))
    (setq LN_E (read-line LE))
    (setq LN_F (read-line LE))
    (setq LN_G (read-line LE))
    (setq LN_H (read-line LE))
    (setq LN_I (read-line LE))
    (setq LN_J (read-line LE))
    (setq LN_K (read-line LE))
    (setq LN_L (read-line LE))
    (setq LN_M (read-line LE))
    (setq LN_N (read-line LE))
    (setq LN_O (read-line LE))
    (setq LN_P (read-line LE))
  )
)

```

```
(setq LN_Q (read-line LE))
(setq LN_R (read-line LE))
(setq LN_S (read-line LE))
(setq LN_T (read-line LE))
(setq LN_U (read-line LE))
(setq LN_V (read-line LE))
(setq LN_X (read-line LE))
(setq LN_Y (read-line LE))
(setq LN_Z (read-line LE))
(setq LN_SENTIDO (read-line LE))
(if (and (= COMBINACAO LN_COMBINACAO) (= SENTIDO LN_SENTIDO))
    (progn
      (setq MA LN_A)
      (setq MB LN_B)
      (setq MC LN_C)
      (setq MD LN_D)
      (setq ME LN_E)
      (setq MF LN_F)
      (setq MG LN_G)
      (setq MH LN_H)
      (setq MI LN_I)
      (setq MJ LN_J)
      (setq MK LN_K)
      (setq ML LN_L)
      (setq MM LN_M)
      (setq MN LN_N)
      (setq MO LN_O)
      (setq MP LN_P)
      (setq MQ LN_Q)
      (setq MR LN_R)
      (setq MS LN_S)
      (setq MT LN_T)
      (setq MU LN_U)
      (setq MV LN_V)
      (setq MX LN_X)
      (setq MY LN_Y)
      (setq MZ LN_Z)
      (setq LN_COMBINACAO (read-line LE))
    );;fecha progn);;;fecha if);;;fecha while
```

```
        (close LE)
      (princ)
    );;fecha defun carrega_malha3
```

;;; ROTINA PARA ADEQUAR A MALHA A ESCOLHA DO PROJETISTA (PARA TIPO DE ABERTURA 2)

```
(defun adequa_2 ()
  (if (and (= DIR_VENTO "0") (= DISPOSICAO "1"))
      (progn
        (rotacao_2)
        (setq RODA_MALHA 1)))
    (if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "1"))
        (progn
          (mirror_2)
          (setq RODA_MALHA 1)))
      (if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "2"))
          (progn
            (mirror_5)
            (setq RODA_MALHA 1)))
        (if (and (= DIR_VENTO "2") (= DISPOSICAO "2"))
            (progn
              (rotacao_3)
              (setq RODA_MALHA 1)))
          (if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "1"))
              (setq RODA_MALHA 1))
            (if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "2"))
                (progn
                  (mirror_4)
                  (setq RODA_MALHA 1)))
              (if (and (= DIR_VENTO "4") (= DISPOSICAO "1"))
                  (setq RODA_MALHA 1))
                (if (and (= DIR_VENTO "5") (= DISPOSICAO "1"))
                    (progn
                      (mirror_1)
                      (setq RODA_MALHA 1)))
                  (if (and (= DIR_VENTO "5") (= DISPOSICAO "2"))
                      (progn
                        (rotacao_1)
```

```

                (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "6") (= DISPOSICAO "2"))
    (progn
        (rotacao_1)
        (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "7") (= DISPOSICAO "1"))
    (progn
        (mirror_3)
        (setq RODA_MALHA 1)))
(if (and (= DIR_VENTO "7") (= DISPOSICAO "2"))
    (progn
        (mirror_6)
        (setq RODA_MALHA 1)))
(princ)
)

```

;;;CARREGA A MALHA CORRETA PARA O TIPO DE ABERTURA = 2

```

(defun carrega_malha_2()
  (setq LE (open "c:\\trab\\vento\\mod_2.tab" "r"))
  (setq LN_COMBINACAO "0")
  (while (/= LN_COMBINACAO nil)
    (setq LN_COMBINACAO (read-line LE))
    (setq LN_A (read-line LE))
    (setq LN_B (read-line LE))
    (setq LN_C (read-line LE))
    (setq LN_D (read-line LE))
    (setq LN_E (read-line LE))
    (setq LN_F (read-line LE))
    (setq LN_G (read-line LE))
    (setq LN_H (read-line LE))
    (setq LN_I (read-line LE))
    (setq LN_J (read-line LE))
    (setq LN_K (read-line LE))
    (setq LN_L (read-line LE))
    (setq LN_M (read-line LE))
    (setq LN_N (read-line LE))
    (setq LN_O (read-line LE))
    (setq LN_P (read-line LE))
  )
)

```

```
(setq LN_Q (read-line LE))
(setq LN_R (read-line LE))
(setq LN_S (read-line LE))
(setq LN_T (read-line LE))
(setq LN_U (read-line LE))
(setq LN_V (read-line LE))
(setq LN_X (read-line LE))
(setq LN_Y (read-line LE))
(setq LN_Z (read-line LE))
(setq LN_SENTIDO (read-line LE))
(if (and (= COMBINACAO LN_COMBINACAO) (= SENTIDO LN_SENTIDO))
    (progn
      (setq MA LN_A)
      (setq MB LN_B)
      (setq MC LN_C)
      (setq MD LN_D)
      (setq ME LN_E)
      (setq MF LN_F)
      (setq MG LN_G)
      (setq MH LN_H)
      (setq MI LN_I)
      (setq MJ LN_J)
      (setq MK LN_K)
      (setq ML LN_L)
      (setq MM LN_M)
      (setq MN LN_N)
      (setq MO LN_O)
      (setq MP LN_P)
      (setq MQ LN_Q)
      (setq MR LN_R)
      (setq MS LN_S)
      (setq MT LN_T)
      (setq MU LN_U)
      (setq MV LN_V)
      (setq MX LN_X)
      (setq MY LN_Y)
      (setq MZ LN_Z)
    )
    (setq LN_COMBINACAO (read-line LE))
  );;;fecha progn
```

```
);;:fecha if
);;:fecha while
      (close LE)
      (princ)
);;:fecha defun carrega_malha2
```

;;; ROTINA PARA ADEQUAR A MALHA A ESCOLHA DO PROJETISTA (PARA TIPO DE ABERTURA 1)

```
(defun adequa_1 ()
  (if (and (= DIR_VENTO "0") (= DISPOSICAO "3"))
      (progn
        (rotacao_2)
        (setq RODA_MALHA 1)))
    (if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "3"))
        (progn
          (mirror_3)
          (setq RODA_MALHA 1)))
      (if (and (= DIR_VENTO "1") (= DISPOSICAO "4"))
          (progn
            (rotacao_3)
            (setq RODA_MALHA 1)))
        (if (and (= DIR_VENTO "2") (= DISPOSICAO "4"))
            (progn
              (rotacao_3)
              (setq RODA_MALHA 1)))
          (if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "1"))
              (setq RODA_MALHA 1))
            (if (and (= DIR_VENTO "3") (= DISPOSICAO "4"))
                (progn
                  (mirror_4)
                  (setq RODA_MALHA 1)))
              (if (and (= DIR_VENTO "4") (= DISPOSICAO "1"))
                  (setq RODA_MALHA 1))
                (if (and (= DIR_VENTO "5") (= DISPOSICAO "1"))
                    (progn
                      (mirror_1)
                      (setq RODA_MALHA 1)))
                  (if (and (= DIR_VENTO "5") (= DISPOSICAO "2"))
```

```

      (progn
        (rotacao_1)
        (setq RODA_MALHA 1)))
    (if (and (= DIR_VENTO "6") (= DISPOSICAO "2"))
      (progn
        (rotacao_1)
        (setq RODA_MALHA 1)))
    (if (and (= DIR_VENTO "7") (= DISPOSICAO "2"))
      (progn
        (mirror_6)
        (setq RODA_MALHA 1))
      (if (and (= DIR_VENTO "7") (= DISPOSICAO "3"))
        (progn
          (rotacao_2)
          (setq RODA_MALHA 1)))
      (princ)
    )
  )

```

;;;CARREGA A MALHA CORRETA PARA O TIPO DE ABERTURA = 1

```

(defun carrega_malha_1()
  (setq LE (open "c:\\trab\\vento\\mod_1.tab" "r"))
  (setq LN_COMBINACAO 0)
  (while (/= LN_COMBINACAO nil)
    (setq LN_COMBINACAO (read-line LE))
    (setq LN_A (read-line LE))
    (setq LN_B (read-line LE))
    (setq LN_C (read-line LE))
    (setq LN_D (read-line LE))
    (setq LN_E (read-line LE))
    (setq LN_F (read-line LE))
    (setq LN_G (read-line LE))
    (setq LN_H (read-line LE))
    (setq LN_I (read-line LE))
    (setq LN_J (read-line LE))
    (setq LN_K (read-line LE))
    (setq LN_L (read-line LE))
    (setq LN_M (read-line LE))
    (setq LN_N (read-line LE))
  )
)

```

```
(setq LN_O (read-line LE))
(setq LN_P (read-line LE))
(setq LN_Q (read-line LE))
(setq LN_R (read-line LE))
(setq LN_S (read-line LE))
(setq LN_T (read-line LE))
(setq LN_U (read-line LE))
(setq LN_V (read-line LE))
(setq LN_X (read-line LE))
(setq LN_Y (read-line LE))
(setq LN_Z (read-line LE))
(setq LN_SENTIDO (read-line LE))
(if (and (= COMBINACAO LN_COMBINACAO) (= SENTIDO LN_SENTIDO))
    (progn
      (setq MA LN_A)
      (setq MB LN_B)
      (setq MC LN_C)
      (setq MD LN_D)
      (setq ME LN_E)
      (setq MF LN_F)
      (setq MG LN_G)
      (setq MH LN_H)
      (setq MI LN_I)
      (setq MJ LN_J)
      (setq MK LN_K)
      (setq ML LN_L)
      (setq MM LN_M)
      (setq MN LN_N)
      (setq MO LN_O)
      (setq MP LN_P)
      (setq MQ LN_Q)
      (setq MR LN_R)
      (setq MS LN_S)
      (setq MT LN_T)
      (setq MU LN_U)
      (setq MV LN_V)
      (setq MX LN_X)
      (setq MY LN_Y)
      (setq MZ LN_Z)
```

```

                (setq LN_COMBINACAO (read-line LE)))));;;fecha progn;;;fecha if;;;fecha while
    (close LE)
    (princ)
);;;fecha defun carrega_malha

;;;CALCULO DA VELOCIDADE MEDIA INTERNA

(defun calc_vel_interna()
  (setq VELOCIDADE_ENCONTRADA (atof VELOCIDADE_ENCONTRADA))
  (if (or (= COMBINACAO "1")
          (= COMBINACAO "5")
          (= COMBINACAO "6")
          (= COMBINACAO "7")
          (= COMBINACAO "14")
          (= COMBINACAO "15")
          (= COMBINACAO "16")
          (= COMBINACAO "19"));;;fecha or
      (setq X (* (/ 1.03) AREA_DA_PAREDE)))));;;fecha if
  (if (or (= COMBINACAO "2")
          (= COMBINACAO "8")
          (= COMBINACAO "9")
          (= COMBINACAO "10")
          (= COMBINACAO "17"));;;fecha or
      (setq X (* (/ 2.03) AREA_DA_PAREDE)))));;;fecha if
  (if (or (= COMBINACAO "3")
          (= COMBINACAO "11")
          (= COMBINACAO "12")
          (= COMBINACAO "13"));;;fecha or
      (setq X (* (/ 3.03) AREA_DA_PAREDE)))));;;fecha if
  (if (or (= COMBINACAO "4")
          (= COMBINACAO "18")
          (= COMBINACAO "20"));;;fecha or
      (setq X (* (/ 1.06) AREA_DA_PAREDE)))));;;fecha if
  (setq VELOCIDADE_INTERNA (* (* VELOCIDADE_ENCONTRADA 0.45) (- 1 (exp (* -3.84 X)))))
  (princ)
);;;fecha defun calc_vel_interna

```

```
;;;ENCONTRA A VELOCIDADE DO VENTO PARA O MEIO URBANO E RURAL
```

```
(defun urb_rur ()
;   (if (and (= AMB_URBANO "0") (= AMB_RURAL "1"))
;       (progn
;           (setq VELOCIDADE_ENCONTRADA LN_VELOCIDADE)
;;;       )fecha progn
;;;   )fecha if
  (if (and (= AMB_URBANO "1") (= AMB_RURAL "0"))
      (progn
        (setq VELOCIDADE_ENCONTRADA (rtos (/ (atof VELOCIDADE_ENCONTRADA) 3.0) 2 2))
        );;;fecha progn);;;fecha if
      (princ)
    );;;fecha defun urb_rur
```

```
;;;ENCONTRA A VELOCIDADE DO VENTO clima.tab
```

```
(defun velocidade_media ()
  (setq LE (open "c:\\trab\\vento\\clima.tab" "r"))
  (setq LN_CIDADE (read-line LE))
  (while (/= LN_CIDADE nil)
    (setq LN_MES (read-line LE))
    (setq LN_DIRECAO_VENTO (read-line LE))
    (setq LN_VELOCIDADE (read-line LE))
    (if (and (= CIDADE LN_CIDADE) (= (strcase MES) LN_MES))
        (progn
          (setq VELOCIDADE_ENCONTRADA LN_VELOCIDADE)
          );;;fecha progn);;;fecha if
      (setq LN_CIDADE (read-line LE)));;;fecha while
    (close LE)
    (princ)
  );;;fecha defun velocidade_media
```

```
;;;CHAMA PROJETO
```

```
(defun projeto ()
  (setq RODA_MALHA 0)
  (velocidade_media);;;encontra a velocidade media na tabela
  (urb_rur);;;encontra a velocidade media para o meio do projeto escolhido
```

```

(calc_vel_interna)
(if (= TIPO_DE_ABERTURA "1")
  (progn
    (carrega_malha_1)
    (adequa_1)))
(if (= TIPO_DE_ABERTURA "2")
  (progn
    (carrega_malha_2)
    (adequa_2)))
(if (= TIPO_DE_ABERTURA "3")
  (progn
    (carrega_malha_3)
    (adequa_3)))
(if (= TIPO_DE_ABERTURA "4")
  (progn
    (carrega_malha_4)
    (adequa_4)))
(if (= RODA_MALHA 1)
  (desenha_malha)
  (progn
    (alert " NAO EXISTE MALHA PARA ESTA ORIENTACAO E DISPOSICAO. " )
    (c:vento)))
(princ)
)

```

;;; OBTEM OS VALORES CORRENTES DA DIALOG BOX e ATUALIZA

```

(defun atualiza ()
  (setq COMBINACAO "0")
  (if (= TIPO_DE_ABERTURA "1")
    (progn
      (if (and (= ENT "1/3") (= SAI nil))
        (setq COMBINACAO "1"))
      (if (and (= ENT "2/3") (= SAI nil))
        (setq COMBINACAO "2"))
      (if (and (= ENT "3/3") (= SAI nil))
        (setq COMBINACAO "3"))))
    (if (= TIPO_DE_ABERTURA "2")
      (progn

```

```
(if (and (= ENT "1/6") (= SAI "1/6"))
    (setq COMBINACAO "4"))
(if (and (= ENT "1/3") (= SAI "1/3"))
    (setq COMBINACAO "5"))
(if (and (= ENT "1/3") (= SAI "2/3"))
    (setq COMBINACAO "6"))
(if (and (= ENT "1/3") (= SAI "3/3"))
    (setq COMBINACAO "7"))
(if (and (= ENT "2/3") (= SAI "1/3"))
    (setq COMBINACAO "8"))
(if (and (= ENT "2/3") (= SAI "2/3"))
    (setq COMBINACAO "9"))
(if (and (= ENT "2/3") (= SAI "3/3"))
    (setq COMBINACAO "10"))
(if (and (= ENT "3/3") (= SAI "1/3"))
    (setq COMBINACAO "11"))
(if (and (= ENT "3/3") (= SAI "2/3"))
    (setq COMBINACAO "12"))
(if (and (= ENT "3/3") (= SAI "3/3"))
    (setq COMBINACAO "13"))))
(if (= TIPO_DE_ABERTURA "3")
    (progn
        (if (and (= ENT "1/3") (= SAI "1/3"))
            (setq COMBINACAO "14"))
        (if (and (= ENT "1/3") (= SAI "2/3"))
            (setq COMBINACAO "15"))
        (if (and (= ENT "1/3") (= SAI "3/3"))
            (setq COMBINACAO "16"))
        (if (and (= ENT "2/3") (= SAI "1/3"))
            (setq COMBINACAO "17"))))
    (if (= TIPO_DE_ABERTURA "4")
        (progn
            (if (and (= ENT "1/6") (= SAI "1/6"))
                (setq COMBINACAO "18"))
            (if (and (= ENT "1/3") (= SAI "1/6"))
                (setq COMBINACAO "19"))
            (if (and (= ENT "1/6") (= SAI "1/3"))
                (setq COMBINACAO "20"))
            (if (and (= COMBINACAO "18") (= DISPOSICAO "1"))
```

```
                (setq COMBINACAO "0"))
            (if (and (= COMBINACAO "18") (= DISPOSICAO "2"))
                (setq COMBINACAO "0"))))
    (if (= COMBINACAO "0")
        (alert "COMBINACAO INVALIDA!")
        (done_dialog))
);;fecha defun atualiza
```

;;;VERIFICA E ATUALIZA DADOS DAS CAIXAS DE DIALOGOS 1/2/3/4

```
(defun verifica_ent1()
    (if (= $value "0") (setq ENT "1/3"))
    (if (= $value "1") (setq ENT "2/3"))
    (if (= $value "2") (setq ENT "3/3"))
    (SETQ SAI NIL)
    (princ))
```

```
(defun verifica_ent2()
    (if (= $value "0") (setq ENT "1/6"))
    (if (= $value "1") (setq ENT "1/3"))
    (if (= $value "2") (setq ENT "2/3"))
    (if (= $value "3") (setq ENT "3/3"))
    (princ))
```

```
(defun verifica_ent3()
    (if (= $value "0") (setq ENT "1/3"))
    (if (= $value "1") (setq ENT "2/3"))
    (princ))
```

```
(defun verifica_ent4()
    (if (= $value "0") (setq ENT "1/6"))
    (if (= $value "1") (setq ENT "1/3"))
    (princ))
```

```
(defun verifica_sai2()
    (if (= $value "0") (setq SAI "1/6"))
    (if (= $value "1") (setq SAI "1/3"))
    (if (= $value "2") (setq SAI "2/3"))
    (if (= $value "3") (setq SAI "3/3"))
    (princ))
```

```
(defun verifica_sai3()
    (if (= $value "0") (setq SAI "1/3"))
    (if (= $value "1") (setq SAI "2/3"))
```

```
(if (= $value "2") (setq SAI "3/3"))  
(princ))  
(defun verifica_sai4()  
  (if (= $value "0") (setq SAI "1/6"))  
  (if (= $value "1") (setq SAI "1/3"))  
  (if (= $value "2") (setq SAI 9))  
  (princ))
```

;;;ROTINAS PARA AJUSTAR E CONSTRUIR A DIALOG 4

```
(defun ajusta_tipo4a()  
  (setq DISPOSICAO "1"))  
(defun constroi_img4a()  
  (setq x (dimx_tile "imgtipo4a"))  
  (setq y (dimy_tile "imgtipo4a"))  
  (start_image "imgtipo4a")  
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_4a.sld")  
  (end_image))  
(defun ajusta_tipo4b()  
  (setq DISPOSICAO "2"))  
(defun constroi_img4b()  
  (setq x (dimx_tile "imgtipo4b"))  
  (setq y (dimy_tile "imgtipo4b"))  
  (start_image "imgtipo4b")  
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_4b.sld")  
  (end_image))  
  
(defun ajusta_tipo4c()  
  (setq DISPOSICAO "3"))  
(defun constroi_img4c()  
  (setq x (dimx_tile "imgtipo4c"))  
  (setq y (dimy_tile "imgtipo4c"))  
  (start_image "imgtipo4c")  
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_4c.sld")  
  (end_image))  
(defun ajusta_tipo4d()  
  (setq DISPOSICAO "4"))  
(defun constroi_img4d()  
  (setq x (dimx_tile "imgtipo4d"))
```

```
(setq y (dimy_tile "imgtipo4d"))
(start_image "imgtipo4d")
(slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_4d.sld")
(end_image))
```

;;;CHAMA DIAL4

```
(defun dial4 (/ dcl_id5)
  (setq dcl_id5 (load_dialog "c:\\trab\\vento\\dial4.dcl"))
  (if (not (new_dialog "dial4" dcl_id5))
      (exit))
  (constroi_img4a)
  (constroi_img4b)
  (constroi_img4c)
  (constroi_img4d)
  (action_tile "imgtipo4a" "(ajusta_tipo4a)")
  (action_tile "imgtipo4b" "(ajusta_tipo4b)")
  (action_tile "imgtipo4c" "(ajusta_tipo4c)")
  (action_tile "imgtipo4d" "(ajusta_tipo4d)")
  (action_tile "accept" "(atualiza)")
  (start_dialog)
  (princ vctipo4a) (princ vctipo4b) (princ vctipo4c) (princ vctipo4d)
  (unload_dialog dcl_id5)
  (princ)
);;;FECHA DEFUN
```

;;;ROTINAS PARA AJUSTAR E CONSTRUIR A DIALOG 3

```
(defun ajusta_tipo3a()
  (setq DISPOSICAO "1"))
(defun constroi_img3a()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo3a"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo3a"))
  (start_image "imgtipo3a")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_3a.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo3b()
  (setq DISPOSICAO "2"))
(defun constroi_img3b()
```

```
(setq x (dimx_tile "imgtipo3b"))
(setq y (dimy_tile "imgtipo3b"))
(start_image "imgtipo3b")
(slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_3b.sld")
(end_image))
(defun ajusta_tipo3c()
  (setq DISPOSICAO "3"))
(defun constroi_img3c()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo3c"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo3c"))
  (start_image "imgtipo3c")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_3c.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo3d()
  (setq DISPOSICAO "4"))
(defun constroi_img3d()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo3d"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo3d"))
  (start_image "imgtipo3d")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_3d.sld")
  (end_image))

;;;CHAMA DIAL3

(defun dial3 (/ dcl_id4)
  (setq dcl_id4 (load_dialog "c:\\trab\\vento\\dial3.dcl"))
  (if (not (new_dialog "dial3" dcl_id4))
    (exit))
  (constroi_img3a)
  (constroi_img3b)
  (constroi_img3c)
  (constroi_img3d)
  (action_tile "imgtipo3a" "(ajusta_tipo3a)")
  (action_tile "imgtipo3b" "(ajusta_tipo3b)")
  (action_tile "imgtipo3c" "(ajusta_tipo3c)")
  (action_tile "imgtipo3d" "(ajusta_tipo3d)")
  (action_tile "accept" "(atualiza)")
  (start_dialog)
  (princ vctipo3a) (princ vctipo3b) (princ vctipo3c) (princ vctipo3d))
```

```
(unload_dialog dcl_id4)
(princ)
);;FECHA DEFUN
```

:::ROTINAS PARA AJUSTAR E CONSTRUIR A DIALOG 2

```
(defun ajusta_tipo2a()
  (setq DISPOSICAO "1"))
(defun constroi_img2a()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo2a"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo2a"))
  (start_image "imgtipo2a")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_2a.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo2b()
  (setq DISPOSICAO "2"))
(defun constroi_img2b()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo2b"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo2b"))
  (start_image "imgtipo2b")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_2b.sld")
  (end_image))
```

:::CHAMA DIAL2

```
(defun dial2 (/ dcl_id3)
  (setq dcl_id3 (load_dialog "c:\\trab\\vento\\dial2.dcl"))
  (if (not (new_dialog "dial2" dcl_id3))
    (exit))
  (constroi_img2a)
  (constroi_img2b)
  (action_tile "imgtipo2a" "(ajusta_tipo2a)")
  (action_tile "imgtipo2b" "(ajusta_tipo2b)")
  (action_tile "accept" "(atualiza)")
  (start_dialog)
  (princ vctipo2a) (princ vctipo2b)
  (unload_dialog dcl_id3)
  (princ)
);;FECHA DEFUN
```

;;;ROTINAS PARA AJUSTAR E CONSTRUIR A DIALOG 1

```
(defun ajusta_tipo1a()
  (setq DISPOSICAO "1"))
(defun constroi_img1a()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo1a"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo1a"))
  (start_image "imgtipo1a")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_1a.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo1b()
  (setq DISPOSICAO "2"))
(defun constroi_img1b()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo1b"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo1b"))
  (start_image "imgtipo1b")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_1b.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo1c()
  (setq DISPOSICAO "3"))
(defun constroi_img1c()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo1c"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo1c"))
  (start_image "imgtipo1c")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_1c.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo1d()
  (setq vctipo1a 0 vctipo1b 0 vctipo1c 0 vctipo1d 1)
  (setq DISPOSICAO "4"))
(defun constroi_img1d()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo1d"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo1d"))
  (start_image "imgtipo1d")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_1d.sld")
  (end_image))
```



```
(defun verifica_leve()
  (if (= $value "1")
    (progn
      (setq ATIV_LEVE "1")
      (setq ATIV_MEDIA "0")
      (setq ATIV_PESADA "0" ) )
    (princ)
  )
)
(defun verifica_formal();;DEFINE OPCAO ESCOLHIDA SOBRE VESTIMENTA
  (if (= $value "0")
    (progn
      (setq VEST_INFORMAL "1")
      (setq VEST_FORMAL "0"))
    (progn
      (setq VEST_INFORMAL "0")
      (setq VEST_FORMAL "1")))
    (princ)
  )
)
(defun verifica_informal();;DEFINE OPCAO ESCOLHIDA SOBRE VESTIMENTA
  (if (= $value "0")
    (progn
      (setq VEST_INFORMAL "0")
      (setq VEST_FORMAL "1"))
    (progn
      (setq VEST_INFORMAL "1")
      (setq VEST_FORMAL "0")))
    (princ)
  )
)
(defun verifica_rural();;DEFINE OPCAO ESCOLHIDA SOBRE AMBIENTE DE PROJETO
  (if (= $value "0")
    (progn
      (setq AMB_RURAL "0")
      (setq AMB_URBANO "1"))
    (progn
      (setq AMB_RURAL "1")
      (setq AMB_URBANO "0" ) ) )
    (princ)
  )
)
(defun verifica_urbano();;DEFINE OPCAO ESCOLHIDA SOBRE AMBIENTE DO PROJETO
```

```
(if (= $value "0")
  (progn
    (setq AMB_URBANO "0")
    (setq AMB_RURAL "1") )
  (progn
    (setq AMB_URBANO "1")
    (setq AMB_RURAL "0") ))
(princ)
)
(defun ori_vento ();;ENCONTRA A ORIENTACAO DO VENTO PARA O PROJETO
  (if (= ORIENTACAO_DO_NORTE "0")
    (progn
      (setq DIR_VENTO "5")
      (setq SENTIDO "d"));;fecha progn;;;fecha if
    (if (= ORIENTACAO_DO_NORTE "1")
      (progn
        (setq DIR_VENTO "6")
        (setq SENTIDO "f"));;fecha progn;;;fecha if
      (if (= ORIENTACAO_DO_NORTE "2")
        (progn
          (setq DIR_VENTO "7")
          (setq SENTIDO "d"));;fecha progn;;;fecha if
        (if (= ORIENTACAO_DO_NORTE "3")
          (progn
            (setq DIR_VENTO "0")
            (setq SENTIDO "f"));;fecha progn;;;fecha if
          (if (= ORIENTACAO_DO_NORTE "4")
            (progn
              (setq DIR_VENTO "1")
              (setq SENTIDO "d"));;fecha progn;;;fecha if
            (if (= ORIENTACAO_DO_NORTE "5")
              (progn
                (setq DIR_VENTO "2")
                (setq SENTIDO "f"));;fecha progn;;;fecha if
              (if (= ORIENTACAO_DO_NORTE "6")
                (progn
                  (setq DIR_VENTO "3")
                  (setq SENTIDO "d"));;fecha progn;;;fecha if
              (if (= ORIENTACAO_DO_NORTE "7")
```

```
(progn
  (setq DIR_VENTO "4")
  (setq SENTIDO "f"));;fecha progn);;fecha if
(princ)
);;fecha defun ori_vento
(defun verifica_mes();;RELACIONA VALORES AOS MESES
  (if (= $value "0") (setq MES "Janeiro"))
  (if (= $value "1") (setq MES "Fevereiro"))
  (if (= $value "2") (setq MES "Marco"))
  (if (= $value "3") (setq MES "Abril"))
  (if (= $value "4") (setq MES "Maio"))
  (if (= $value "5") (setq MES "Junho"))
  (if (= $value "6") (setq MES "Julho"))
  (if (= $value "7") (setq MES "Agosto"))
  (if (= $value "8") (setq MES "Setembro"))
  (if (= $value "9") (setq MES "Outubro"))
  (if (= $value "10") (setq MES "Novembro"))
  (if (= $value "11") (setq MES "Dezembro"))
  (princ))
(defun verifica_cidade();;ENCONTRA A CIDADE ESCOLHIDA
  (if (= $value "0") (setq CIDADE "CAMPINAS"))
  (princ))
(defun ajusta_tipo4()
  (setq vctipo1 0 vctipo2 0 vctipo3 0 vctipo4 1))
(defun constroi_img4()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo4"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo4"))
  (start_image "imgtipo4")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_4.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo3()
  (setq vctipo1 0 vctipo2 0 vctipo3 1 vctipo4 0))
(defun constroi_img3()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo3"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo3"))
  (start_image "imgtipo3")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_3.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo2()
```

```
(setq vctipo1 0 vctipo2 1 vctipo3 0 vctipo4 0))
(defun constroi_img2()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo2"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo2"))
  (start_image "imgtipo2")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_2.sld")
  (end_image))
(defun ajusta_tipo1()
  (setq vctipo1 1 vctipo2 0 vctipo3 0 vctipo4 0))
(defun constroi_img1()
  (setq x (dimx_tile "imgtipo1"))
  (setq y (dimy_tile "imgtipo1"))
  (start_image "imgtipo1")
  (slide_image 0 0 x y "c:\\trab\\vento\\fig_1.sld")
  (end_image)
)
```

;;;PROGRAMA PRINCIPAL

```
(defun c:vento (/ dcl_id) ;;;AJUSTE DAS VARIÁVEIS DO PROGRAMA
  (setq COMBINACAO "1")
  (setq SENTIDO "d")
  (setq DIR_VENTO "5")
  (setq CIDADE "CAMPINAS")
  (setq MES "JANEIRO")
  (setq ORIENTACAO_DO_NORTE "7")
  (setq AMB_URBANO "0")
  (setq AMB_RURAL "1")
  (setq AREA_DA_PAREDE 9.00)
  (setq VEST_INFORMAL "1")
  (setq VEST_FORMAL "0")
  (setq ATIV_LEVE "1")
  (setq ATIV_MEDIA "0")
  (setq ATIV_PESADA "0")
  (setq TIPO_DE_ABERTURA "1")
  (setq DISPOSICAO "1")
  (setq ENT "1/3")
  (setq SAI nil)
  (setq RODAR 0)
```

```

(setq dcl_id (load_dialog "c:\\trab\\vento\\dialog_v.dcl"))
(if (not (new_dialog "dialog_v" dcl_id))
    (exit))
(constroi_img1)
(constroi_img2)
(constroi_img3)
(constroi_img4)
(action_tile "imgtipo1" "(progn (setq TIPO_DE_ABERTURA \"1\") (dial1))")
(action_tile "imgtipo2" "(progn (setq TIPO_DE_ABERTURA \"2\") (dial2))")
(action_tile "imgtipo3" "(progn (setq TIPO_DE_ABERTURA \"3\") (dial3))")
(action_tile "imgtipo4" "(progn (setq TIPO_DE_ABERTURA \"4\") (dial4))")
(action_tile "accept" "(setq RODAR 1) (done_dialog)")
(set_tile "AREA_DA_PAREDE" (rtos AREA_DA_PAREDE 2 2))
(start_dialog)
(print vctipo1) (princ vctipo2) (princ vctipo3) (princ vctipo4)
(unload_dialog dcl_id)
(if (= RODAR 1)
    (progn
        (setq RODAR 0)
        (projeto)
        (setvar "CLAYER" "0")
        (alert (strcat "A velocidade interna encontrada para cálculo foi: "(rtos
velocidade_interna 2 2) "m/s")))
    ) (princ)
);;;Fecha defun

```

6.2. Anexo B - Listagem do arquivo em DCL - Dialog Box

```
//arquivo:          dialog_v
//programado por:   Alessandra R Prata
//DIALOG BOX - PARAMETROS DE PROJETO
//Cidade:
//Campinas          valor default Campinas
//Mes:
// Janeiro          valor default Janeiro
// Fevereiro
// Marco
// Abril
// Maio
// Junho
// Julho
// Agosto
// Setembro
// Outubro
// Novembro
// Dezembro
//Norte do projeto: (deve haver uma selecao)
// 0=Norte          valor default=0
// 1=Noroeste
// 2=Oeste
// 3=Sudoeste
// 4=Sul
// 5=Sudeste
// 6=Leste
// 7=Nordeste
//Ambiente do projeto: (deve haver uma selecao)
// 0=Urbano         valor default=1
// 1=Rural
//Vestimenta:      (deve haver uma selecao)
// 0=Informal       valor default=0
// 1=Formal
//Atividade:       (deve haver uma selecao)
// 0=Leve           valor default=0
// 1=Media
```

```
// 2=Pesada
//Tipo de combinacao de aberturas:FIGURAS
//Area (m2):
// Parede      valor default=0
//"OK"
//"CANCEL"

///*SUD ROTINAS PARA DIALOGS - INCLUSAO DE IMAGENS*///  
  
tipo_de_abertura_1  
:image_button{  
    key = "imgtipo1";  
    width = 7;  
    aspect_ratio = 1;  
    color = 0;  
    fixed_width = true;  
    fixed_height = true;  
    action = "(alert \"teste\") (setq TIPO_DE_ABERTURA \"1\")";  
}///  
*FECHA IMAGE_BUTTON*///  
tipo_de_abertura_2  
:image_button{  
    key = "imgtipo2";  
    width = 7;  
    aspect_ratio = 1;  
    color = 0;  
    fixed_width = true;  
    fixed_height = true;  
    action = "(setq TIPO_DE_ABERTURA \"2\")";  
}///  
*FECHA IMAGE_BUTTON*///  
tipo_de_abertura_3  
:image_button{  
    key = "imgtipo3";  
    width = 7;  
    aspect_ratio = 1;  
    color = 0;  
    fixed_width = true;  
    fixed_height = true;  
    action = "(setq TIPO_DE_ABERTURA \"3\")";  
}///  
*FECHA IMAGE_BUTTON*///  

```

```

tipo_de_abertura_4
:image_button{
    key = "imgtipo4";
    width = 7;
    aspect_ratio = 1;
    color = 0;
    fixed_width = true;
    fixed_height = true;
    action = "(setq TIPO_DE_ABERTURA \"4\")";
}///*FECHA IMAGE_BUTTON*///

///*DIALOG BOX PRINCIPAL - FUNCOES PRINCIPAIS*///

dialog_v
:dialog{
    label = "Parametros de projeto";
    :row{
        :boxed_column {
            label = "Caracteristicas do projeto";
            :column{
                :column {
                    :row{
                        :column{
                            :popup_list{
                                label="Cidade: ";
                                mnemonic = "C";
                                value = "1";
                                list = "Campinas";
                                width = 20;
                                fixed_width = centered;
                                key = "CIDADE";
                                action = "(verifica_cidade)";
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}
:popup_list{
    label="Mes: ";
    mnemonic = "M";
    value = "0";
    width = 20;
    fixed_width = centered;
}

```

```

list="Janeiro\nFevereiro\nMarco\nAbril\nMaio\nJunho\nJulho\nAgosto
\nSetembro\nOutubro\nNovembro\nDezembro";

        action = "(verifica_mes)";
        key = "MES";
    }
:popup_list{
    label="Norte: ";
    width = 20;
    fixed_width = centered;
    mnemonic = "N";
    value = "0";
list="Norte\nNoroste\nOeste\nSudoeste\nSul\nSudeste\nLeste\nNordeste";
        key = "ORIENTACAO_DO_NORTE";
action = "(setq ORIENTACAO_DO_NORTE $value) (ori_vento)";
    }
    spacer;
:column{
    :column{
        spacer_1;
        :boxed_radio_row{
            label="Ambiente do projeto";
            mnemonic="a";
            :radio_button{
                label="Urbano";
                value="0";
                key="AMB_URBANO";
                action = "(verifica_urbano)";
            }
            :radio_button{
                label="Rural";
                value="1";
                key="AMB_RURAL";
                action = "(verifica_rural)";
            }
        }
    }/*FECHA BOXED_RADIO_ROW*/
    :boxed_radio_row{
        label="Dimensoes (m2)";
        mnemonic="d";

```



```

        key="ATIV_LEVE";
        action = "(verifica_leve)";
    }
    :radio_button{
        label="Media";
        value="0";
        key="ATIV_MEDIA";
        action = "(verifica_media)";
    }
    :radio_button{
        label="Pesada";
        value="0";
        key="ATIV_PESADA";
        action = "(verifica_pesada)";
    }
    }/*FECHA BOXED_RADIO_ROW*/
}/*FECHA BOXED_COLUMN*/
}/*FECHA ROW*/

}
}
}/*fecha boxed_column*/
:boxed_column{
    label="Combinacoes";
    :row{
        :paragraph{
            :text_part{
                label="Tipo de Abertura 1...";
            }
        }
        tipo_de_abertura_1;
    }
    :row{
        :paragraph{
            :text_part{
                label="Tipo de Abertura 2...";
            }
        }
        tipo_de_abertura_2;
    }
}

```

```

    }
    :row{
        :paragraph{
            :text_part{
                label="Tipo de Abertura 3...";
            }
        }
        tipo_de_abertura_3;
    }
    :row{
        :paragraph{
            :text_part{
                label="Tipo de Abertura 4...";
            }
        }
        tipo_de_abertura_4;
    }
}
:row{
    :boxed_column{
        label = "Legenda - malha do projeto";
        :paragraph{
            :text_part{
                label="frio - amarelo ";
            }
            spacer;
            :text_part{
                label="confortavel - azul";
            }
            spacer;
            :text_part{
                label="quente - vermelho";
            }
        }
    }
}/*fecha boxed_column*/
}/*fecha row*/
}/*FECHA BOXED_COLUMN*/
}
ok_cancel;
}/*FECHA DIALOG*/

```

6.3. Anexo C - Listagem dos arquivos em DCL para os tipos de aberturas

CAIXA 1 - Tipo de Abertura 1

```
//arquivo:          dial1.dcl
```

```
//programado por:   Alessandra R Prata
```

```
//aberturas:
```

```
//1/3=1
```

```
//2/3=2
```

```
//3/3=3
```

```
/**SUB ROTINAS DIALOGS BOX - PRIMEIRA CAIXA DEPOIS DA PRINCIPAL*/
```

```
image_tipo1a :image_button{
```

```
    key = "imgtipo1a";
```

```
    width = 7;
```

```
    aspect_ratio = 1;
```

```
    color = 0;
```

```
    fixed_width = true;
```

```
}
```

```
image_tipo1b :image_button{
```

```
    key = "imgtipo1b";
```

```
    width = 7;
```

```
    aspect_ratio = 1;
```

```
    color = 0;
```

```
    fixed_width = true;
```

```
}
```

```
image_tipo1c :image_button{
```

```
    key = "imgtipo1c";
```

```
    width = 7;
```

```
    aspect_ratio = 1;
```

```
    color = 0;
```

```
    fixed_width = true;
```

```
}
```

```
image_tipo1d :image_button{
```

```
    key = "imgtipo1d";
```

```
    width = 7;
```

```
    aspect_ratio = 1;
```

```
    color = 0;
```

```
        fixed_width = true;
    }

/**ROTINA PRINCIPAL PARA A DIALOG BOX - 1*/

dial1 :dialog{
    label = "Tipo de abertura: ";
    :boxed_row{
        label="Tipo de combinacao de aberturas: ";
        :row{
            image_tipo1a;
        }
        :row{
            image_tipo1b;
        }
        :row{
            image_tipo1c;
        }
        :row{
            image_tipo1d;
        }
    }/*FECHA BOXED_COLUMN*/
    :boxed_row{
    spacer_1;
        :popup_list{
            label="Entrada:";
            mnemonic = "e";
            value = "0";
            list = "1/3\n2/3\n3/3";
            action = "(verifica_ent1)";
            key = "ent";
            alignment=centered;
        }
    }/*FECHA BOXED_ROW*/
    spacer_1;
    ok_cancel;
}/*FECHA DIALOG*/
```

CAIXA 2 - Tipo de Abertura 2

```
//arquivo:          dial2.dcl
```

```
//programado por:   Alessandra R Prata
```

```
///*SUB ROTINAS DIALOGS BOX - SEGUNDA CAIXA DEPOIS DA PRINCIPAL*///  
image_tipo2a :image_button{
```

```
    key = "imgtipo2a";
```

```
    width = 7;
```

```
    aspect_ratio = 1;
```

```
    color = 0;
```

```
    fixed_width = true;
```

```
}
```

```
image_tipo2b :image_button{
```

```
    key = "imgtipo2b";
```

```
    width = 7;
```

```
    aspect_ratio = 1;
```

```
    color = 0;
```

```
    fixed_width = true;
```

```
}
```

```
///*ROTINA PRINCIPAL DIALOG BOX - 2*///  
  
dial2 :dialog{
```

```
    label = "Tipo de abertura: ";
```

```
    spacer_1;
```

```
        :boxed_row{
```

```
            label="Tipo de combinacao de aberturas: ";
```

```
            :row{
```

```
                image_tipo2a;
```

```
            }
```

```
            :row{
```

```
                image_tipo2b;
```

```
            }/*FECHA ROW*/
```

```
        }/*FECHA BOXED_ROW*/
```

```
    :boxed_row{
```

```
        spacer_1;
```

```
        :popup_list{
```

```

        label="Entrada:";
        mnemonic = "e";
        value = "0";
        list = "1/6\n1/3\n2/3\n3/3";
        action = "(verifica_ent2)";
        key = "ent";
        alignment=centered;
    }
    spacer;
    :popup_list{
        label="Saida:";
        mnemonic = "s";
        value = "0";
        list = "1/6\n1/3\n2/3\n3/3";
        action = "(verifica_sai2)";
        key = "sai";
        alignment=centered;
    }
}/*FECHA BOXED_ROW*/
    spacer_1;
    ok_cancel;
    spacer_1;
}/*FECHA DIALOG*/

```

CAIXA 3 - Tipo de Abertura 3

//arquivo: dial3.dcl

//programado por: Alessandra R Prata

///***SUB ROTINAS DIALOGS BOX - TERCEIRA CAIXA DEPOIS DA PRINCIPAL*///**

```

image_tipo3a :image_button{
    key = "imgtipo3a";
    width = 7;
    aspect_ratio = 1;
    color = 0;
    fixed_width = true;
}
image_tipo3b :image_button{

```

```
        key = "imgtipo3b";
        width = 7;
        aspect_ratio = 1;
        color = 0;
        fixed_width = true;
    }
image_tipo3c :image_button{
    key = "imgtipo3c";
    width = 7;
    aspect_ratio = 1;
    color = 0;
    fixed_width = true;
}
image_tipo3d :image_button{
    key = "imgtipo3d";
    width = 7;
    aspect_ratio = 1;
    color = 0;
    fixed_width = true;
}
```

```
/**ROTINA PRINCIPAL DIALOG BOX - 3*/
```

```
dial3 :dialog{
    label = "Tipo de abertura: ";
        :boxed_row{
            label="Tipo de combinacao de aberturas: ";
            :row{
                image_tipo3a;
            }
            :row{
                image_tipo3b;
            }
            :row{
                image_tipo3c;
            }
            :row{
                image_tipo3d;
            }
        }/*FECHA BOXED_ROW*/
}
```

```

                }/*FECHA ROW*/
:boxed_row{
  spacer_1;
  :popup_list{
    label="Entrada:";
    mnemonic = "e";
    value = "0";
    list = "1/3\n2/3";
    action = "(verifica_ent3)";
    key = "ent";
    alignment=centered;
  }
  spacer;
  :popup_list{
    label="Saida:";
    mnemonic = "s";
    value = "0";
    list = "1/3\n2/3\n3/3";
    action = "(verifica_sai3)";
    key = "sai";
    alignment=centered;
  }
}/*FECHA BOXED_ROW*/
  spacer_1;
  ok_cancel;
  spacer_1;
}/*FECHA DIALOG*/

```

CAIXA 4 - Tipo de Abertura 4

```

//arquivo:      dial4.dcl
//programado por:  Alessandra R Prata

```

```

///SUB ROTINAS DIALOGS BOX - QUARTA CAIXA DEPOIS DA PRINCIPAL*///  


```

```

image_tipo4a :image_button{
  key = "imgtipo4a";
  width = 7;
  aspect_ratio = 1;
  color = 0;

```

```
        fixed_width = true;
    }
    image_tipo4b :image_button{
        key = "imgtipo4b";
        width = 7;
        aspect_ratio = 1;
        color = 0;
        fixed_width = true;
    }
    image_tipo4c :image_button{
        key = "imgtipo4c";
        width = 7;
        aspect_ratio = 1;
        color = 0;
        fixed_width = true;
    }
    image_tipo4d :image_button{
        key = "imgtipo4d";
        width = 7;
        aspect_ratio = 1;
        color = 0;
        fixed_width = true;
    }
}
```

```
///*ROTINA PRINCIPAL DIALOG BOX - 4*///  

```

```
dial4 :dialog{
    label = "Tipo de abertura: ";
    :boxed_row{
        label="Tipo de combinacao de aberturas: ";
        :row{
            image_tipo4a;
        }
        :row{
            image_tipo4b;
        }
        :row{
            image_tipo4c;
        }
    }
}
```

```
        :row{
            image_tipo4d;
        }
        /*FECHA BOXED_ROW*/
:boxed_row{
spacer_1;
    :popup_list{
        label="Entrada:";
        mnemonic = "e";
        value = "0";
        list = "1/6\n1/3";
        action = "(verifica_ent4)";
        key = "ent";
        alignment=centered;
    }
    spacer;
    :popup_list{
        label="Saida:";
        mnemonic = "s";
        value = "0";
        list = "1/6\n1/3\n---";
        action = "(verifica_sai4)";
        key = "sai";
        alignment=centered;
    }
}/*FECHA BOXED_ROW*/
    spacer_1;
    ok_cancel;
    spacer_1;
}/*FECHA DIALOG*/
```

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÚCCI, M. P. . *O Projeto Arquitetônico e a Conservação de Energia Elétrica*. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído , São Paulo , 1993 . Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações/Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Vol . 2, São Paulo, Novembro 1993, (p.747-756).
- ALUCCI, M. P. . *Formulação de Requisitos e Critérios para Avaliação de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares quanto a Ventilação*. Trabalho Programado, Nível Doutorado, FAU - USP, 1983.
- ALAMAR, A. . *Condiciones Higrotermicas de Confort en Edificios*. Monografia del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, Madri, enero, 1968 (n° 268).
- A.S.H.R.A.E. . *Handbook of Fundamentals* . American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, New York, 1977.
- AUTOCAD Release 13, *Manual do Usuário* . Autodesk Inc., 1995.
- AUTOCAD Release 13, *Customization Guide* . Autodesk Inc., 1995.
- BITTENCOURT, L. S. . *Comparando os Programas Breeze e Easyflow como Instrumentos de Simulação da Ventilação Natural*. Encontro Nacional de Modelos de Simulação de Ambientes, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Setembro, 1995, (p. 177-188).
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION . . *Code of Practice for Design of Buildings: Ventilation Principles and Design for Natural Ventilation*, London 1980, (BSI-BS 5925).

Código de Obras da Cidade de Campinas - Prefeitura Municipal, Secretaria de Obras, Campinas, São Paulo, 1989.

CROISSET, M. .*L'Hygrothermique dans le Batiment - Confort Thermique d'hiver et d'été (Condensations)*. Editions Eyrolles, Paris, 1968.

DREYFUS, J. . *Le Confort dans l'Habitat en Pays Tropical*, Paris, 1960.

EVANS, J. M. ; SCHILLER, S. de . . *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*, EUDEBA, Buenos Aires, 1988.

FANGER, P. O. . *Thermal Confort, analysis and applications in environmental engineering*. McGraw-Hill, New York, 1970.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. . *Manual de Conforto Térmico* . Ed. Nobel, 2º Edição, São Paulo, 1995.

GAÁL, J. A., *Curso de AutoLisp*, Desecad, Computação Gráfica Ed., Campinas, 1997.

GAN, G.; AWBI, H. B.; CROOME, D. J. .*CFD Simulation of the Indoor Environment for Ventilation Design*, American Society of Mechanical Engineers (Paper), Publ. ASME, Nova York, USA, 1993.

GIVONI, B. . *Man , Climate and Architecture* . Applied Science Publishers LTD, London, 1976.

GIVONI , B. *Basic Study of Ventilation Problems: in Housing in Hot Countries* . Building Research Station, Israel - Institute of Technology, 1962.

GIVONI , B. . *Estimation of the effect of climate on man : development of a new thermal index* . Haifa, Building Research Station, 1963.

- GOMES, R. J. . *O Problema do Conforto Térmico em Climas Tropicais e Subtropicais*.
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1967.
- IZARD, J-L ., GUYOT, A . . *Tecnologia y Arquitectura / Arquitectura Bioclimática*. Ed.
Gustavo Gili S. A., Mexico, 1983.
- KOLOKOTRONI, M., YOUNG, A. N. . *Guidelines for Bioclimatic Housing Design in Greece* . Building and Environment, Vol. 25, nº 4, 1990, (p. 297-307).
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K. ; LABAKI L. C. . *O Projeto Arquitetônico e o Conforto Ambiental : Necessidade de uma Metodologia* . In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído , São Paulo , 1993 . Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações / Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Vol . 2, São Paulo, Novembro 1993, (pp. 785 - 794).
- KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.A..
Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Trad. Emilio Romero Ros. Madrid,
Editora Paraninfo, 1977.
- MACINTYRE, A. J.. *Ventilação Industrial e Controle da Poluição*. Rio de Janeiro,
Editora Guanabara, 2º Edição, 1990.
- MASCARÓ, L. R. . *Energia na Edificação - Estratégia para Minimizar seu Consumo*. São Paulo, Editora Projeto, 2º Edição, 1991.
- MITCHELL, W. J. . *The Logic of Architecture - Design, Computation and Cognotion*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1990.
- OLGYAY, V. . *Design with Climate*. New Jersey, Princeton University, Princeton, 1963.

PAPAMICHAEL, K., et al., *The Building Design Adviser*, nos Anais da ACADIA 96, Tucson Arizona, (pp. 85 - 97), 1996.

ROMERO, M. A. B. . *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano* . Ed. Projeto, São Paulo, 1988.

RORIZ, M. e BASSO, A. . *Arquitrop versão 3.0*, São Carlos, 1990.

SILVA, R. S. da . . Apostila - *Iluminação Natural e Artificial* . Junho,1977.

Apostila - *Conforto / Ventilação / Insolação* . 1979.

TAO-KUANG H.; DEGELMAN, L. O. e LARSEN, T. R., *A Visualization Model for Computerized Energy Evaluation During the Conceptual Design Stage (Energraph)*, nos Anais da ACADIA 92, (pp. 195 - 206), 1992.

TOLEDO, Eustáquio . "Notas de Aula " . Departamento de Arquitetura da UnB, 1973.

TSUTSUMI, J.; KATAYAMA, T.; ISHII, A.; HE, P.; HAYASHI, T. .*Investigation and Numerical Simulation of the Wind Effects on Thermal Comfort in a House*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Warwick, UK, Vol. 60, Abril, 1996.

VAN STRAATEN, J. F. . *Thermal Performance of Building*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London, 1967.

VIEGAS, J. C. . *ventilação Natural de Edifícios de Habitação*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1995.