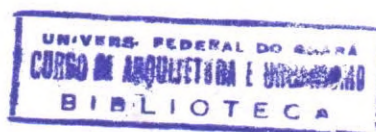


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROJETO DE GRADUAÇÃO  
PROFESSOR ORIENTADOR: MARCÍLIO LUNA

MEMORIAL DESCRITIVO  
ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA EM UM  
CONDOMÍNIO DE LAZER



KETY VASCONCELOS PETALAS  
31 DE JULHO DE 1996

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROJETO DE GRADUAÇÃO  
PROFESSOR ORIENTADOR: MARCÍLIO LUNA

MEMORIAL DESCRITIVO  
ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA EM UM  
CONDOMÍNIO DE LAZER



KETY VASCONCELOS PETALAS  
31 DE JULHO DE 1996

## RESUMO

O projeto desse condomínio de lazer consiste de um estudo de elementos tecnológicos (arquitetura bioclimática, energia solar e eólica) aplicados, em termos práticos, em um projeto de condomínio de lazer na praia. Apresentando cálculos e análises da ventilação e iluminação naturais, transmissão de calor e gráficos solares. Através de diversas etapas foi utilizado, primeiramente, uma pesquisa envolvendo o homem, o seu conforto, a relação entre ambos e as características principais dos elementos tecnológicos. Posteriormente, após a realização do estudo preliminar, a análise através de cálculos da ventilação, iluminação e transmissão de calor; aplicando os resultados obtidos pela pesquisa. Pode-se considerar os cálculos expostos no memorial como valores aproximados e que fornecem uma visão geral de toda uma situação projetada. Determina arranjos eficientes para implantação, localização e dimensionamento de aberturas de acordo com a necessidade do ambiente. Alerta o ser humano da sua importância como ser vivo e realização das suas funções orgânicas, confrontando-o com o ambiente em que vive.

As conclusões apresentam-se positivas em sua aplicação prática, podendo esses métodos serem repetidos para um novo projeto de acordo com a sua situação específica ou para um aprofundamento maior visando a elaboração de um processo mais preciso a um nível superior de um projeto científico de graduação.



## ABSTRACT

The project of this Leisure Condominium consist in a study of technological elements (bioclimatic architecture, solar energy and power of wind) applied, in terms practices, on a project of Leisure Condominium at the beach. Showing calculus and analysis of the natural illumination and ventilation, heat transmission and solar charts.

Through diverse degrees, was realized, firstly, one research involving the man, your confort, the relation between both and the principals characteristics of the technological elements.

After the realization of the preliminary study, was made, through calculus, analysis of the illumination, ventilation and heat transmission, using the results obtained by the research.

We should consider the calculus exposed here like approximate values and that can give one general view of all the situation projected.

Induce adequate arrangements for implantation, localization and the size of openings in accordance with the necessity of the ambient. Alert the man of his importance and the realization of his organic functions, facing him with the ambient that he lives.

The conclusions are positives in its practice application, then these methods can be repeated for one new project in accordance with the specific situation or for one deepening bigger, purposing the elaboration of one process more precise for a superior level of scientific graduation project.



## ÍNDICE

	página
INTRODUÇÃO.....	07
METODOLOGIA.....	10
PROGRAMA DE NECESSIDADES.....	11
Conceitual.....	11
Operacional.....	22
Físico.....	33
PESQUISA DE CAMPO.....	37
Dados estatísticos climatológicos.....	37
Informações práticas.....	45
Energia solar.....	45
Energia eólica.....	50
Arquitetura autônoma.....	55
PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
Fatores climáticos.....	58
Evolução biológica.....	64
Soluções tecnológicas.....	75
Ventilação natural.....	75
Iluminação natural.....	109
Vegetação.....	125
Arquitetura vernacular.....	128

CONCLUSÃO.....	145
ANEXOS.....	154
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	262

## INTRODUÇÃO

O tema desenvolvido durante a pesquisa do projeto de graduação nasceu da necessidade de se aprofundar um pouco mais na área de conforto ambiental e na utilização de equipamentos tecnológicos em benefício do ser humano, associados à arquitetura bioclimática como formas de economia energética. Pois verifica-se na comunidade um elevado índice de utilização da ventilação e iluminação artificiais, muitas vezes criado em decorrência da deficiência no conforto ambiental.

O bem-estar humano é diretamente proporcional ao conforto ambiental, pois, à medida que se satisfaz uma necessidade física e psíquica, alcançando um equilíbrio, progressivamente, ocorre um maior desenvolvimento físico e mental.

A arquitetura bioclimática faz, de certa forma, parte do grupo de fontes energéticas alternativas pois a energia alternativa tem como principais características, a utilização dos recursos naturais em benefício do homem, e a favor da natureza; e a redução de custos devido à produção própria; assim como a arquitetura bioclimática que faz uso dos recursos naturais em benefício próprio, reduzindo o consumo energético.

O Ceará é um estado que possui um índice de radiação solar elevado e uma velocidade do vento considerável, dessa forma porque não usá-los como fonte energética, através da energia solar e eólica ?

Esse projeto por se tratar de um modelo experimental pode ser reutilizado para outros fins, seguindo o roteiro básico, aqui estabelecido. Trata-se de um condomínio de lazer na praia, localizado no Porto da Dunas, à beira mar e isolado das edificações vizinhas. Para que os elementos de análise, a ventilação e a iluminação, não sofram interferências de um adensamento vizinho, podendo-se elaborar um modelo matemático que se aproxime de um modelo real.



A localização no Porto das Dunas se justifica pela proximidade com a cidade de Fortaleza e pela característica daquela região de empreendimentos dessa natureza.

Foi escolhido um local isolado, pois em locais onde houver concentrações de edificações será criado um nível de complexidade muito superior aos objetivos desse projeto de graduação.

A elaboração de um projeto como esse, proporcionará uma nova maneira de pensar que no futuro ou daqui a algum tempo será mais desenvolvida e bastante utilizada.

O projeto foi desenvolvido em etapas, partindo de pesquisas bibliográficas e informações gerais e práticas colhidas através de entrevistas com especialistas na área e coleta de dados.

A segunda etapa consistiu na elaboração de um programa de necessidades.

Em seguida, foram analisadas todas as informações pesquisadas e coletadas através de discussões e novas leituras, para que se pudesse dar início a um estudo preliminar e ao mesmo tempo estudar e analisar a insolação, ventilação e iluminação naturais, elaborando um estudo de arquitetura e de conforto.

Na quinta etapa, o projeto foi analisado pelos estudiosos pertinentes ao assunto; e posteriormente, otimizado e re-estruturado dando origem ao anteprojeto.

Na última etapa, foram agrupadas todas as informações colhidas ao longo da elaboração do projeto para concretizá-lo e justificar a sua existência e importância, através desse memorial.

Os procedimentos referentes ao memorial serão descritos na metodologia.

O projeto de graduação tem como objetivo geral, realizar uma proposta sobre a utilização e aplicação de recursos tecnológicos (arquitetura bioclimática, energia solar e eólica).

Pretende-se através dessa pesquisa criar um ambiente favorável ao conforto humano, tendo como ponto de partida uma área de lazer; estudar sobre as condições termostáticas do ser humano e a influência que sofre do meio; usar técnicas já existentes para os cálculos de ventilação, iluminação e

transmissão de calor; comprovar a viabilidade da utilização dos recursos naturais no projeto arquitetônico; estudar, conhecer e aplicar fontes energéticas alternativas (solar e eólica); analisar o comportamento do vento no espaço exterior e interior; estudar e aplicar a iluminação natural; adotar como diretrizes do traçado arquitetônico os princípios de controle ambiental recomendados para as condições geográficas e climatológicas de Fortaleza, tanto para a organização do espaço quanto para a aplicação dos materiais de construção; pesquisas sobre a arquitetura vernacular; e por fim, fazer uma comparação entre o resultado do projeto e as situações recomendadas pela pesquisa.

O projeto arquitetônico elaborado significa a realização concreta de toda uma pesquisa, onde os elementos ligados ao conforto e à função dão origem à forma; sem, sobretudo, desprezar a estética.





## METODOLOGIA

Iniciou-se o desenvolvimento do projeto a partir das particularidades organizacionais propostas no programa de necessidades e do levantamento de dados em pesquisas de campo e bibliográficas.

Através das pesquisas de campo foram coletados dados estatísticos a respeito da climatologia e informações práticas com estudiosos na área de energia solar e energia eólica que tiveram fundamental importância na elaboração, desenvolvimento, cálculo e escolha de empregos de tais equipamentos tecnológicos; no caso específico, os painéis coletores solares e aero-gerador.

Vale salientar que serão mostrados os tipos de emprego e o motivo da utilização do sistema adotado. E ainda, que o projeto sofreu diversas transformações de origem organizacional ao longo de toda a sua elaboração, em decorrência da utilização desses equipamentos e da própria estrutura física do terreno. Partindo desde a evolução da organização do espaço até a utilização desses recursos; ou seja, de um sistema completamente autônomo a um sistema híbrido e isolado a um sistema comunitário.

Através das pesquisas bibliográficas foram estudados: em primeiro lugar, o ser humano e a habitação (as técnicas tradicionais utilizadas para construção em climas quente úmido, dando origem a arquitetura bioclimática). Em segundo lugar, o emprego da ventilação e iluminação naturais que foram aplicados em forma de análise para a situação projetada; a ventilação e insolação para todos os blocos e a iluminação exclusivamente para as unidades habitacionais.



## PROGRAMA DE NECESSIDADES

Durante essa etapa tem-se como objetivo analisar o terreno e caracterizar o cliente, bem como as condições favoráveis para a realização do projeto.

Serão descritos de maneira sintética os conjuntos funcionais e as relações e atividades executadas em cada unidade funcional. Levando em consideração: o fluxo de pessoas, de materiais e as atividades que nelas se exercem; tendo como prioridade o conforto e a funcionalidade.

O programa de necessidades, para melhor compreensão, foi dividido em três partes:

1ª parte: conceitual que caracteriza o cliente, o terreno e defini os ambientes e unidades de cada conjunto funcional.

2ª parte: operacional que mostra as relações entre os ambientes e o fluxo de cada ambiente.

3ª parte: físico que faz uma previsão da área ocupada por cada conjunto funcional qual a proporção de cada um e uma comparação entre a área prevista e projetada.

### CONCEITUAL

#### CARACTERIZAÇÃO DO CLIENTE

A proposta de projeto a que se propõe tem em vista um condomínio de lazer para 60 famílias, dotado de equipamentos de lazer, de apoio, como a administração e o serviço; e tecnológicos.

As famílias são de classe média composta por cinco membros que se interessem não só no contato com a natureza e lazer, mas também tenham a oportunidade de utilizar equipamentos tecnológicos naturais e não poluentes em seu benefício, com redução de custos a longo prazo.

São, em média, pessoas simples, práticas que busquem descanso e um relacionamento familiar mais intenso, evitando possíveis isolamentos criados pelo trabalho ou lazer. Onde, não precisem ter muito trabalho, tudo possa ser feito de maneira rápida e de fácil acesso, para que a maior parte do tempo seja dedicada ao lazer e não a afazeres domésticos.

Também têm como característica serem pessoas exigentes quanto ao padrão de conforto e bem estar.

O condomínio deverá ser mantido pela supervisão de um administrador fixo que poderá ter família ou não. Será responsável pelo cumprimento de todo o regulamento estabelecido, por toda a parte de manutenção e supervisão (limpeza, alimentação, reposição de materiais, etc.) e pelos funcionários, na presença ou ausência dos condôminos.

Ao todo, deverá prever um total de 24 funcionários, desempenhando diversas funções. Estarão divididos em 16 homens e 8 mulheres que poderão por ventura pernoitar, em número extremamente reduzido. Funcionarão em dois turnos, metade pela manhã que vai das 6:00 às 14:00 horas com direito ao café e almoço e metade à tarde que vai das 14:00 às 22:00 horas com direito à merenda e jantar.

A provável presença de crianças deve evitar ruamentos internos, proporcionando maior segurança. Como sistema de controle deve ser dotado de guaritas nos acessos externos para identificação.

Dessa forma, pode-se resumir as características do projeto em 7 itens: lazer, integração em comunidade, conforto, praticidade, simplicidade, segurança e economia.

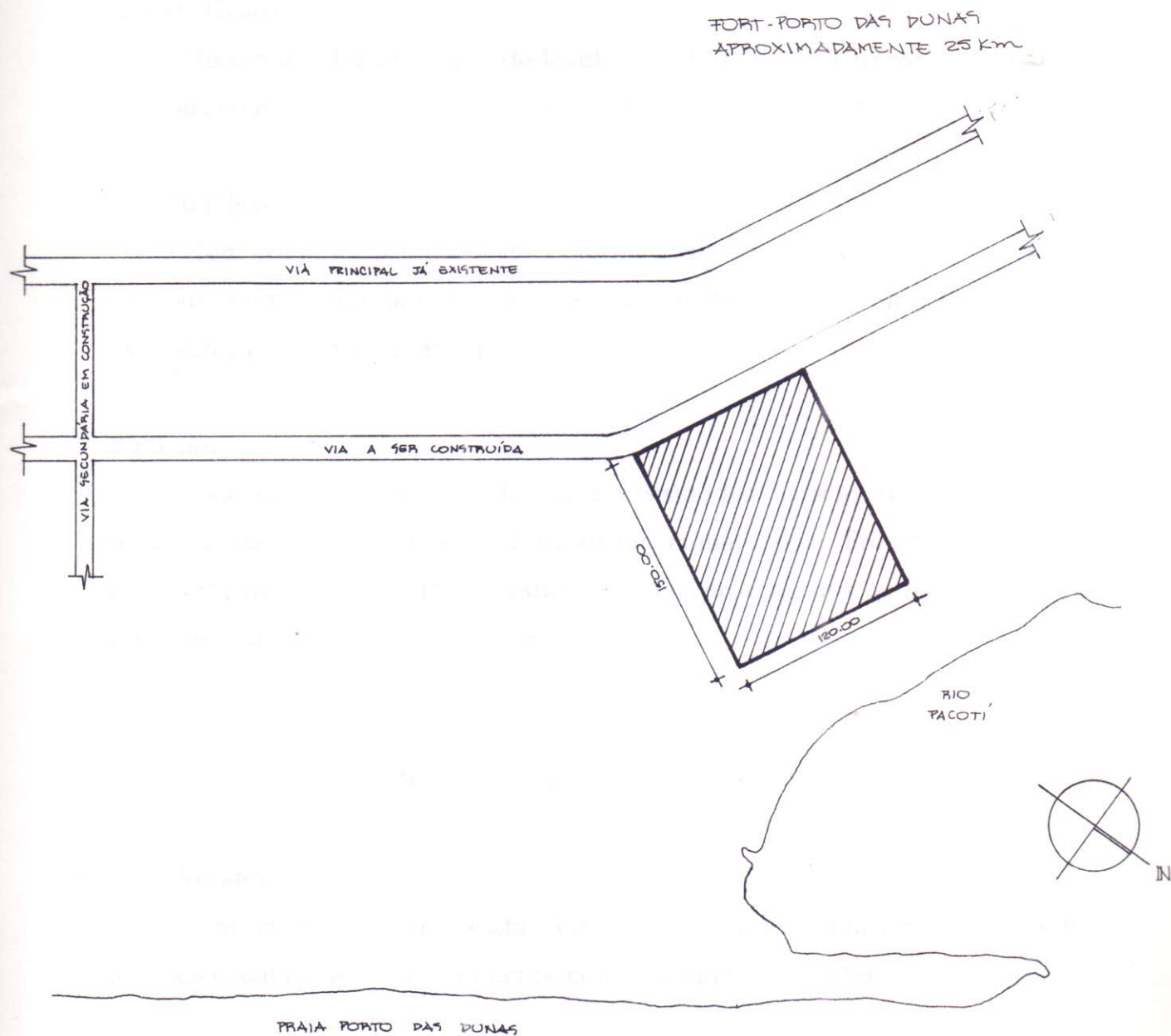


## FICHA DE CARACTERIZAÇÃO LOCAL E REGIONAL

[illegible]



## LAY-OUT DA PLANTA DE SITUAÇÃO DO TERRENO



ESCALA - 1:4000

## DEFINIÇÃO DOS AMBIENTES E UNIDADE DE CADA CONJUNTO FUNCIONAL

## CONJUNTO FUNCIONAL - UNIDADE HABITACIONAL

## UNIDADE FUNCIONAL - Setor íntimo

## Quarto Casal

Tem como função servir de local para dormir e descansar, prever duas pessoas com longa permanência. Deve estar próximo ao banheiro.

## Quarto filhos

Tem como função servir de local para dormir e descansar, prever duas pessoas, no máximo quatro com o uso de beliches, para longa permanência. Deve estar próximo ao banheiro.

## Banheiro

Tem como função atender as necessidades fisiológicas da família e possíveis visitas e empregada. Totaliza em número dois. Prever uma pessoa com curta permanência. Deve localizar-se, um, próximo aos quartos e o outro, próximo à área de serviço e cozinha.

## UNIDADE FUNCIONAL - Setor lazer

## Sala de estar

Tem como função assistir televisão ou escutar música, prever oito pessoas eventualmente. Relaciona-se com a varanda e cozinha.

## Varanda

Tem como função jogar, conversar, descansar e ler; deve prever um máximo de dez pessoas de permanência longa e localiza-se próxima à sala de estar.

## UNIDADE FUNCIONAL - Setor serviço

## Copa/Cozinha

Tem como função preparar os alimentos, fazer as refeições e guardar alimentos e utensílios, prever cinco pessoas com longa permanência. Relaciona-se com a área de serviço e a sala de estar.

## Área de serviço

Tem como função lavar, secar e passar roupas em pequena quantidade, guardar material de limpeza e outros objetos, tratar peixe esporadicamente, prever uma pessoa de curta permanência. Deve situar-se próxima à cozinha.

## CONJUNTO FUNCIONAL - SERVIÇO

## UNIDADE FUNCIONAL - Serviço

## Vestiário masculino

Tem como função trocar a roupa, tomar banho, guardar utensílios pessoais e atender às necessidades fisiológicas, prever um número de 16 funcionários e curta permanência. Deve situar-se próximo a portaria.

## Vestiário Feminino

Tem como função trocar a roupa, tomar banho, guardar utensílios pessoais e atender às necessidades fisiológicas, prever um número de 8 funcionárias e curta permanência. Deve situar-se próximo à portaria.

## Almoxarifado

Tem como função guardar material alimentício, de escritório e limpeza, dentre outros objetos de uso exclusivo do condomínio, prever um funcionário de longa permanência, responsável pela entrada e saída de mercadorias. Deve-se situar-se próximo a cozinha dos funcionários e de fácil acesso à área de carga e descarga.



### Lixo

Tem como função servir de local para agrupar e embalar o lixo reciclável previamente separado por cada conjunto funcional e recolhido duas vezes ao dia. Prever um funcionário que trabalhará em regime de curta permanência. Deve situar-se próximo à área de carga e descarga e em posição a favor do vento para que não traga possíveis odores aos outros conjuntos funcionais.

### Refeitório dos funcionários/Cozinha

Tem como função preparar as refeições para os 24 funcionários em turnos separados e para o conjunto funcional lazer sob a forma de self-service que será servido pela lanchonete durante o almoço e também ser o local onde os funcionários farão suas refeições em horários pré-determinados. Prever dois funcionários de longa permanência e doze de curta permanência. Relaciona-se com o almoxarifado e a lanchonete.

### Portaria funcionários

Tem como função realizar o controle de entrada e saída e guardar pequenos objetos e chaves, prever um funcionário de longa permanência. Deve situar-se próximo aos vestiários.

### Oficina de manutenção civil

Tem como função armazenar materiais, em pequena quantidade e ferramentas de construção civil, prever curta permanência. Situa-se próxima à carpintaria e oficina elétrica.

### Carpintaria

Tem como função fazer pequenos reparos em móveis, prever longa permanência de um funcionário. Localiza-se próxima às oficinas.

### Oficina de manutenção elétrica/mecânica

Tem como função armazenar peças usadas com maior frequência e guardar ferramentas elétricas e mecânicas para consertos no local requisitado, prever dois funcionários de curta permanência. Deve situar-se próxima à oficina civil e carpintaria.

### Estacionamento

Tem como função de servir de local para estacionar os automóveis dos proprietários, considerando uma vaga para cada unidade habitacional e trinta para proprietários ou visitantes eventuais. As vagas dos proprietários devem situar-se próximas às unidades e as demais Próximas à entrada principal pela administração.

## CONJUNTO FUNCIONAL - U. H. DO ADMINISTRADOR

### UNIDADE FUNCIONAL - Setor íntimo

#### Quarto casal

Tem como função servir de local para dormir e descansar, prever duas pessoas com longa permanência. Deve estar próximo ao banheiro.

#### Quarto filhos

Tem como função servir de local para dormir e descansar, prever duas pessoas para longa permanência. Deve estar próximo ao banheiro.

#### Banheiro

Tem como função atender às necessidades fisiológicas da família e possíveis visitas, prever uma pessoa com curta permanência. Deve localizar-se próximo aos quartos e à sala de estar.

#### Dormitório funcionários

Tem como função alojar durante a noite no máximo dois funcionários eventualmente, prever longa permanência. Situa-se fora da U. H. do administrador, mas próximo à ela.



## UNIDADE FUNCIONAL - Setor lazer

### Sala de estar

Tem como função assistir televisão ou escutar música e conversar, prever cinco pessoas eventualmente. Situa-se próxima ao banheiro e cozinha.

## UNIDADE FUNCIONAL - Setor serviço

### Copa/Cozinha

Tem como função preparar os alimentos, fazer as refeições e guardar alimentos e utensílios, prever uma pessoa com longa permanência e quatro com curta permanência.

### Área de serviço

Tem como função lavar, secar e passar roupas, e guardar material de limpeza, prever uma pessoa de curta permanência. Deve situar-se próxima à cozinha.

## CONJUNTO FUNCIONAL - ADMINISTRAÇÃO

### UNIDADE FUNCIONAL - Setor social

### Recepção

Tem como função recepcionar os visitantes, controlar sua saída e entrada e dar informações, prever uma pessoa de longa permanência e eventualmente dez pessoas.

## UNIDADE FUNCIONAL - Setor administrativo

## Diretoria geral

Tem como função orientar, supervisionar e realizar a execução das decisões tomadas nas reuniões com os condôminos, administrar os materiais e os recursos humanos e controlar os estoques. Prever uma pessoa com curta permanência. Relaciona-se com a contabilidade, a sala de reunião e o conjunto funcional serviço.

## Contabilidade

Tem como função cuidar de toda a parte contábil do condomínio: débitos, créditos, balanços, contas a pagar, depósitos, cheques, movimentos de contas etc.; prever uma longa permanência de duas pessoas. Relaciona-se com a diretoria geral.

## PABX/FAX

Tem como função realizar ligações telefônicas, receber e emitir fax, prever uma pessoa de longa permanência. Localiza-se próximo à recepção.

## APOIO

Tem como função intermediar a comunicação recíproca entre a contabilidade, diretoria e recepção, prever uma pessoa com longa permanência. Situa-se próximo à recepção, contabilidade e diretoria.

## Sala de reunião

Tem como função discutir propostas, problemas, controle de serviços e soluções entre o administrador, o contabilista e dois representantes eleitos pelos condôminos; serão realizadas reuniões com espaçamentos de 15 a 30 dias. Deve localizar-se próxima à diretoria geral.

## Banheiro

Tem como função atender às necessidades fisiológicas urgentes, prever curta permanência. Relaciona-se com a diretoria e recepção.



### Recepção

Tem como função atender ligações telefônicas, redigir atas das reuniões, anotar recados e controlar compromissos da diretoria e contabilidade, recepcionar fornecedores ou outra pessoa que chegue à diretoria e/ou contabilidade. Relaciona-se com a diretoria, sala de reunião e contabilidade.

## CONJUNTO FUNCIONAL - LAZER

### UNIDADE FUNCIONAL - Setor serviço

#### Bar/Cozinha

Tem como função preparar lanches rápidos e bebidas durante o dia até o começo da noite e servir sob a forma de self-service o almoço para as pessoas que desejarem, prever na cozinha um número de duas pessoas permanentes e no bar e lanchonete, em média 30 pessoas. Relaciona-se com a área da piscina e banheiros.

#### Banheiro social masculino e feminino

Tem como função atender as necessidades fisiológicas urgentes. Relaciona-se com a área das piscinas e lanchonete.

#### W.C. serviço

Tem como função atender as necessidades fisiológicas urgentes dos funcionários desse conjunto. Relaciona-se com o depósito.

#### Depósito

Tem como função guardar materiais esportivos e de limpeza, filtros, peneiras e cadeiras e mesas em pequena quantidade.

## UNIDADE FUNCIONAL - Setor lazer

Essa unidade é composta de duas piscinas, uma para adultos e outra para crianças, quatro chuveiros de apoio e duas quadras poliesportivas.

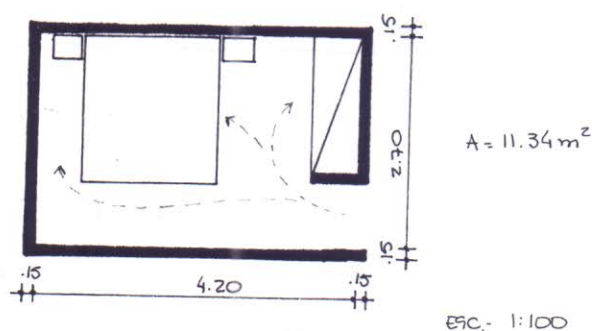
### OPERACIONAL

### LAY-OUT DOS CONJUNTOS FUNCIONAIS

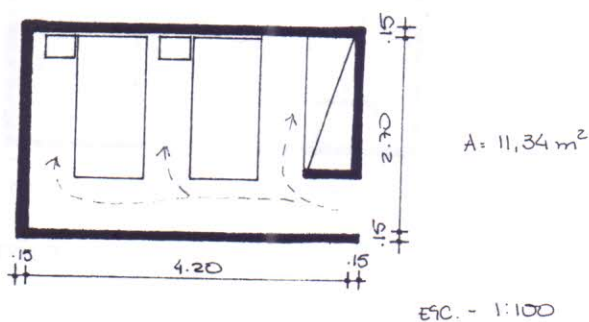
#### CONJUNTO FUNCIONAL - UNIDADE HABITACIONAL

#### UNIDADE FUNCIONAL - Setor íntimo

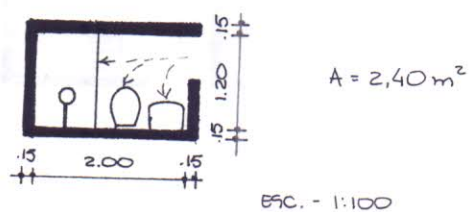
- quarto de casal



- quarto filhos



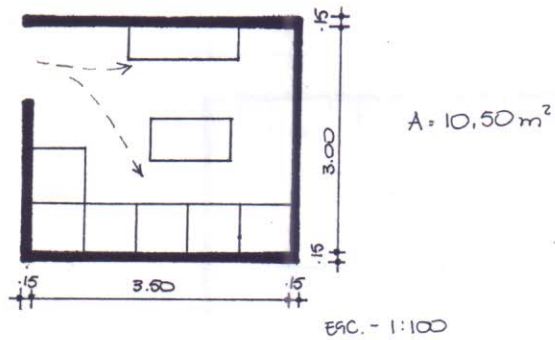
- banheiro



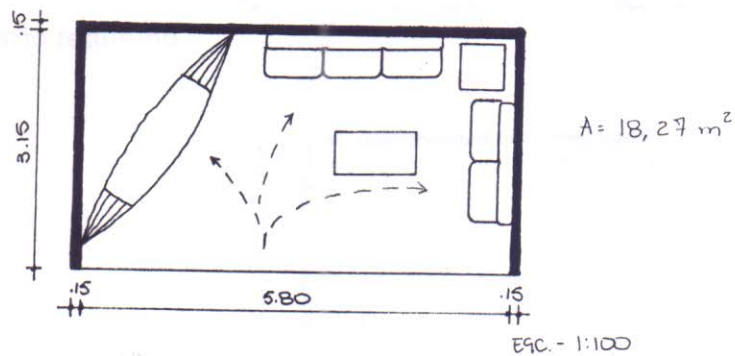


## UNIDADE FUNCIONAL - Setor lazer

- sala de estar

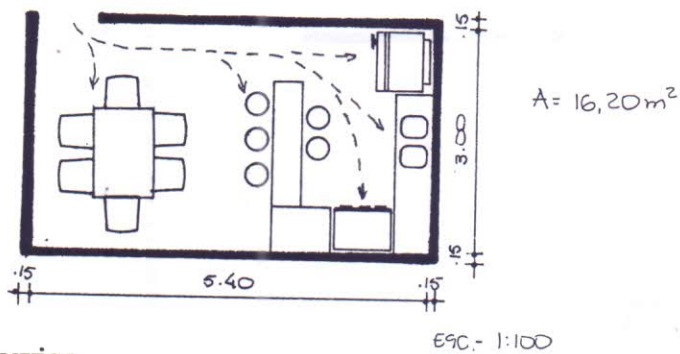


- varanda

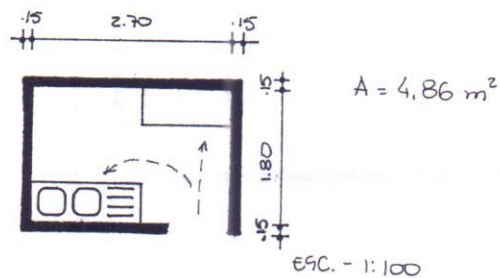


## UNIDADE FUNCIONAL - Setor serviço

- copa/cozinha



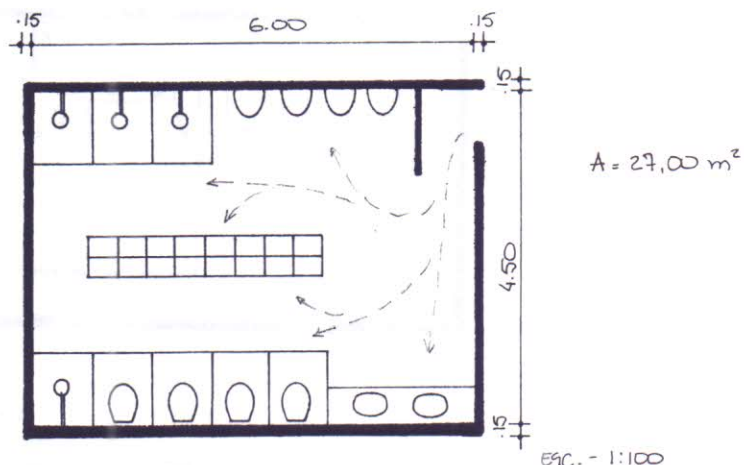
- área de serviço



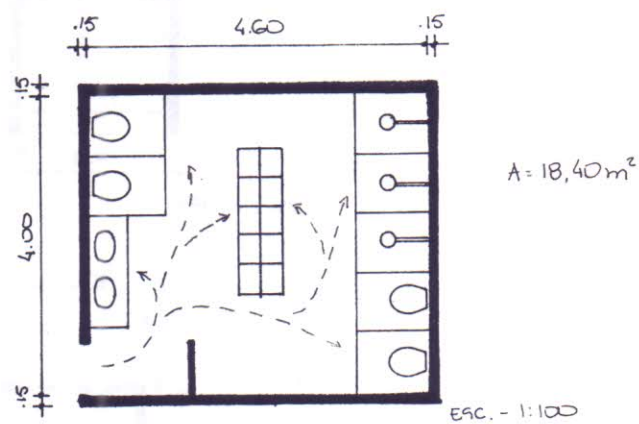
## CONJUNTO FUNCIONAL - SERVIÇO

## UNIDADE FUNCIONAL - Serviço

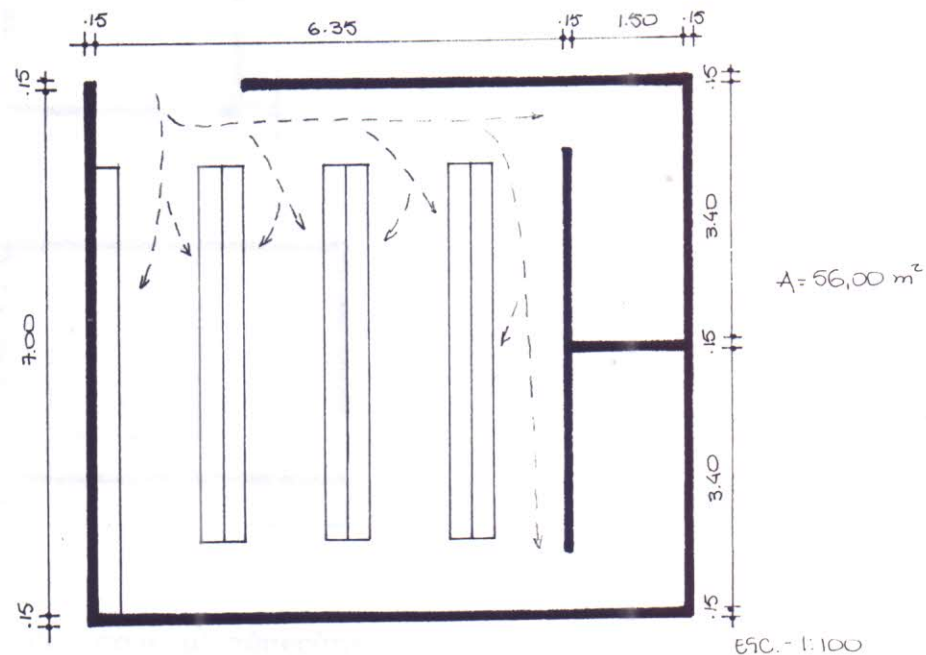
- vestiário masculino



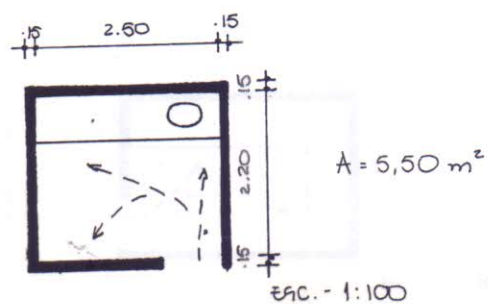
- vestiário feminino



- almoxarifado

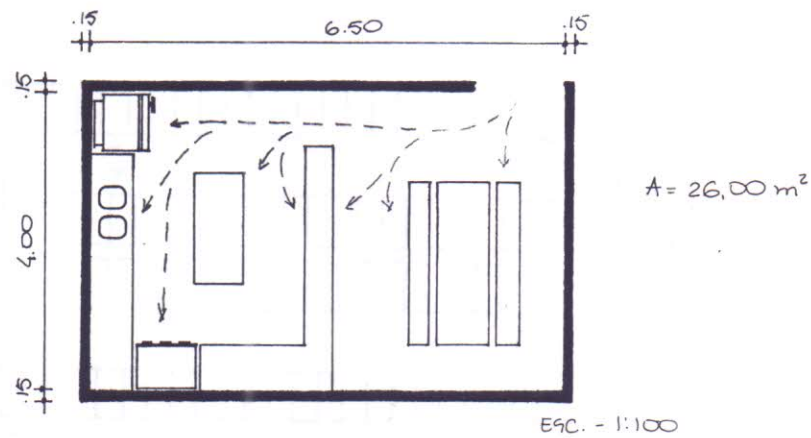


- lixo

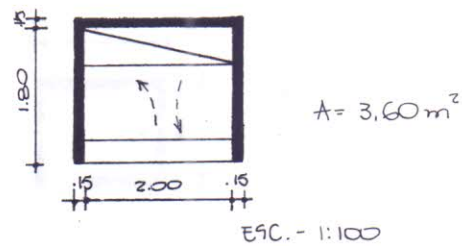




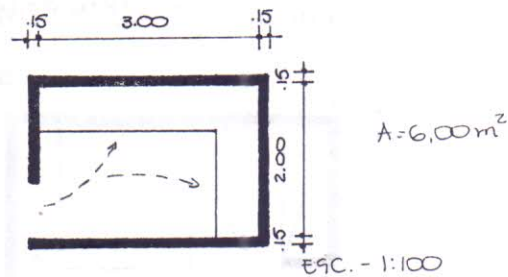
- refeitório dos funcionários/cozinha



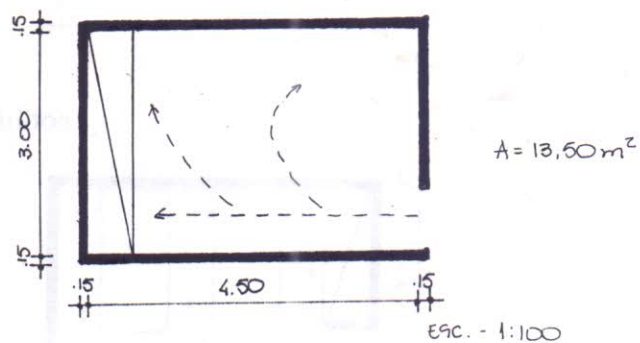
- portaria funcionários



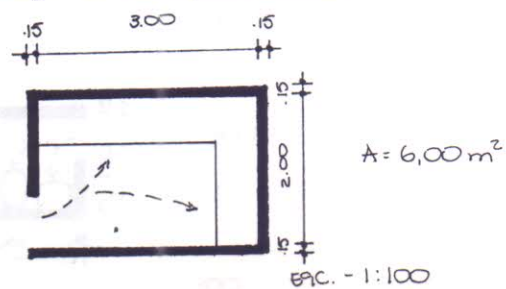
- oficina de manutenção civil



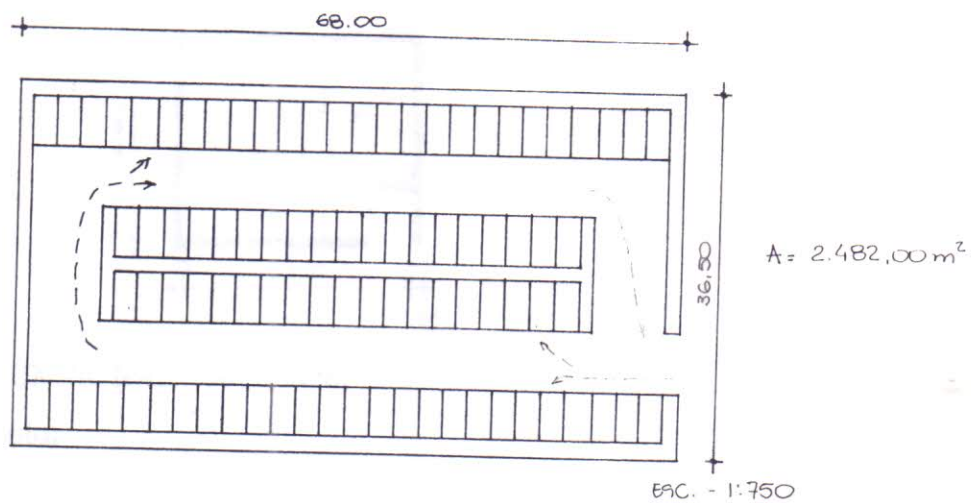
- carpintaria



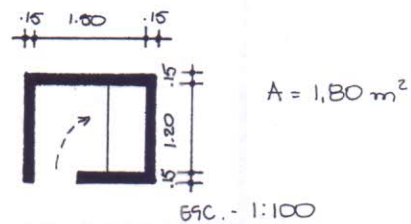
- oficina de manutenção elétrica/mecânica



- estacionamento



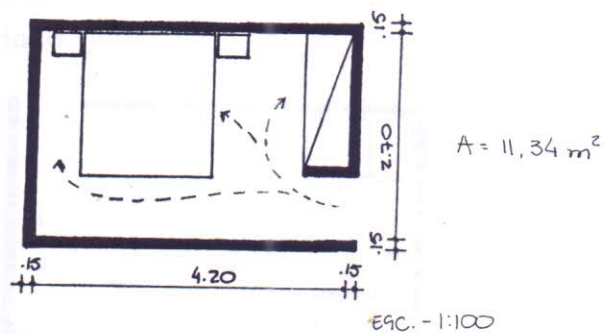
- guarita



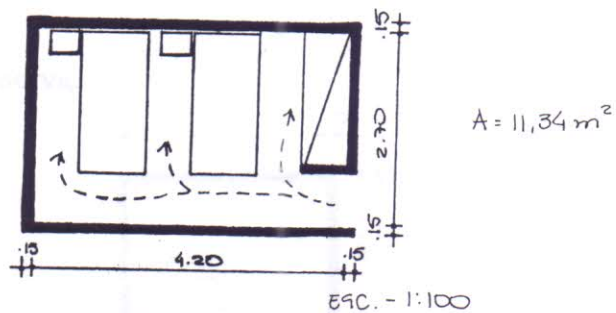
## CONJUNTO FUNCIONAL - U. H. DO ADMINISTRADOR

### UNIDADE FUNCIONAL - Setor íntimo

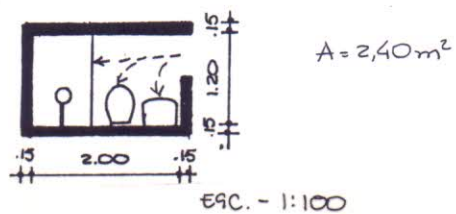
- quarto casal



- quarto filhos

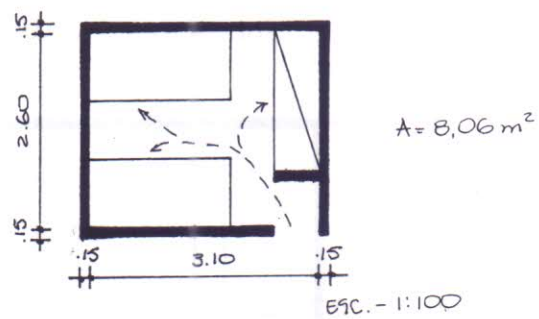


- banheiro



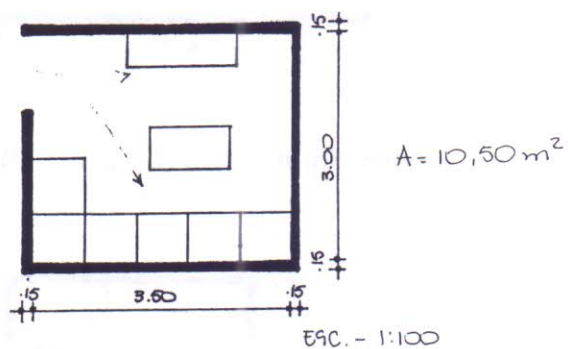


- dormitório funcionários



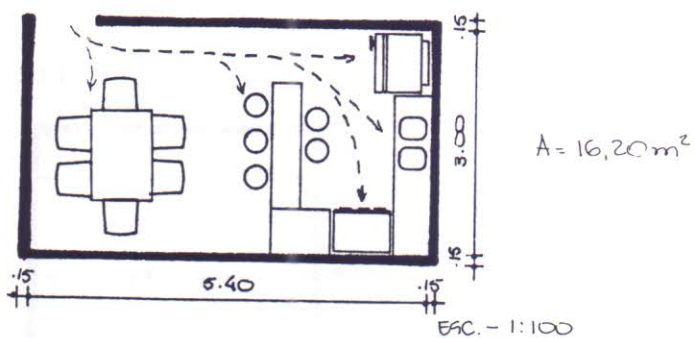
#### UNIDADE FUNCIONAL - Setor lazer

- sala de estar

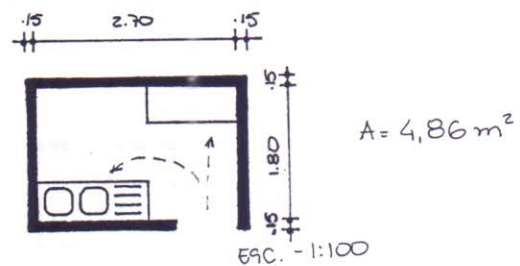


#### UNIDADE FUNCIONAL - Setor serviço

- copa/cozinha



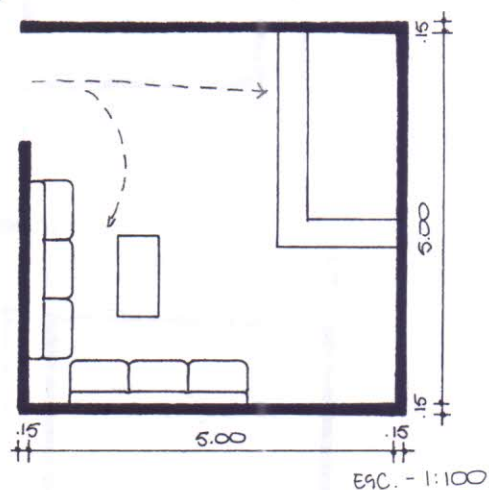
- área de serviço



## CONJUNTO FUNCIONAL - ADMINISTRAÇÃO

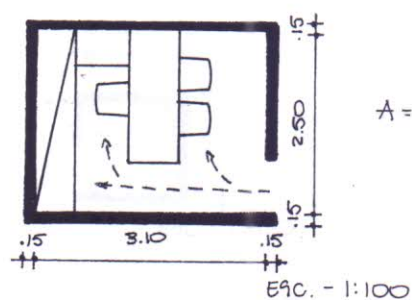
## UNIDADE FUNCIONAL - Setor social

- recepção

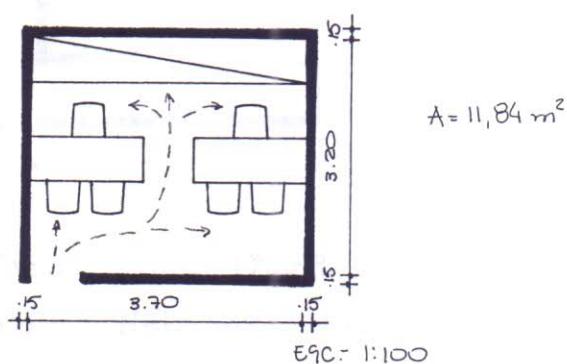


## UNIDADE FUNCIONAL - Setor administrativo

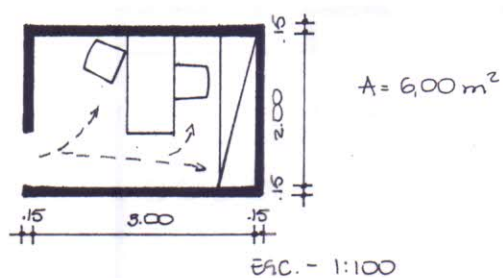
- diretoria geral



- contabilidade

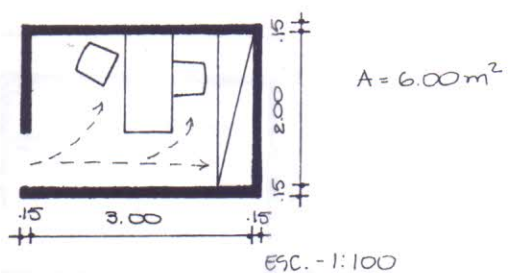


- PABX/FAX

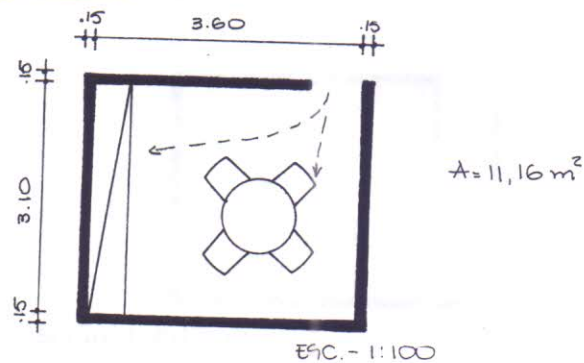




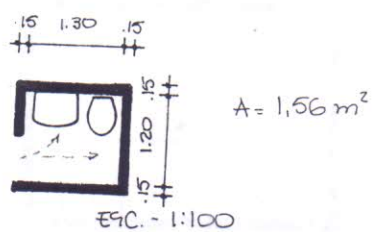
- Apoio



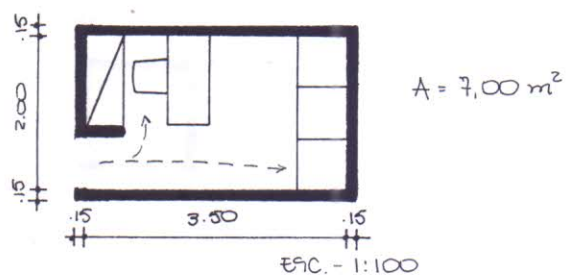
- sala de reunião



- banheiro



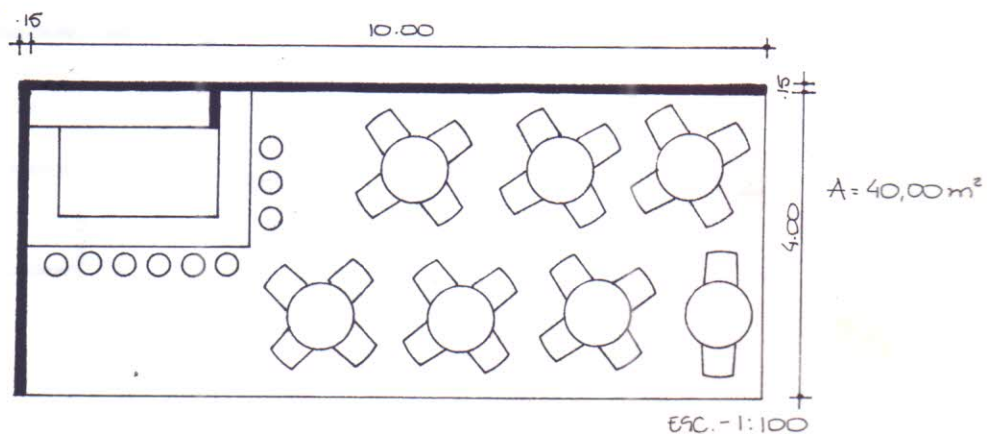
- recepção



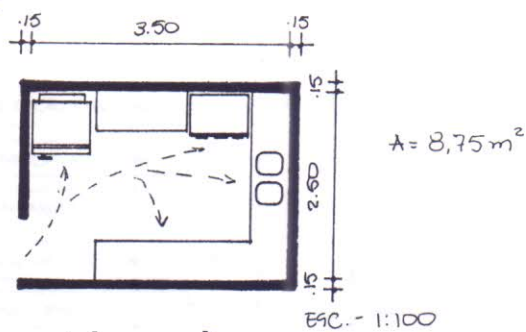
## CONJUNTO FUNCIONAL - LAZER

### UNIDADE FUNCIONAL - Setor serviço

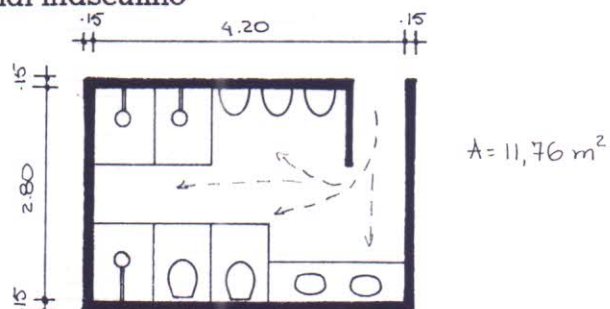
- bar/lanchonete



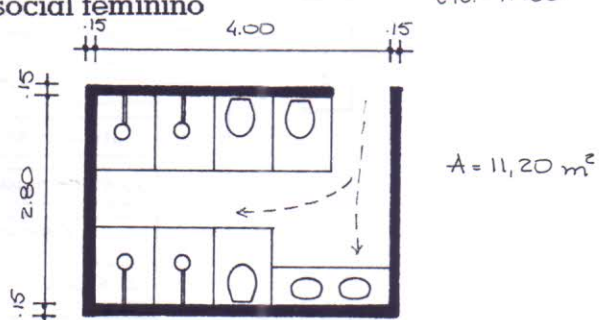
- cozinha



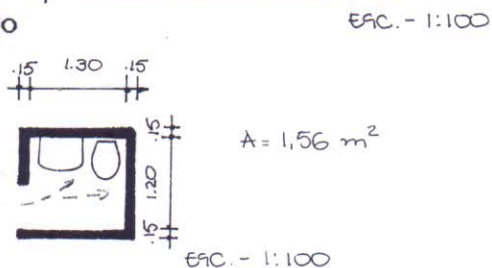
- banheiro social masculino



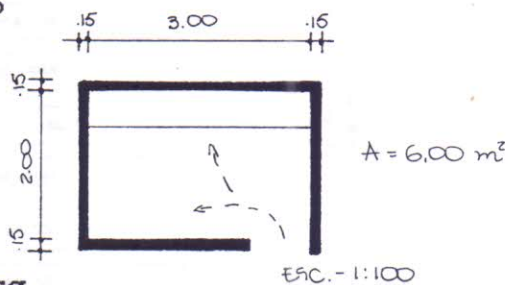
- banheiro social feminino



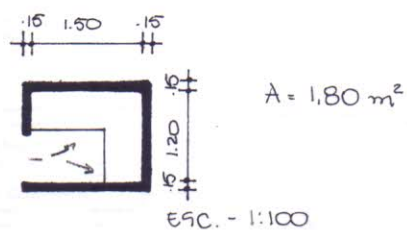
- w.c. serviço



- depósito

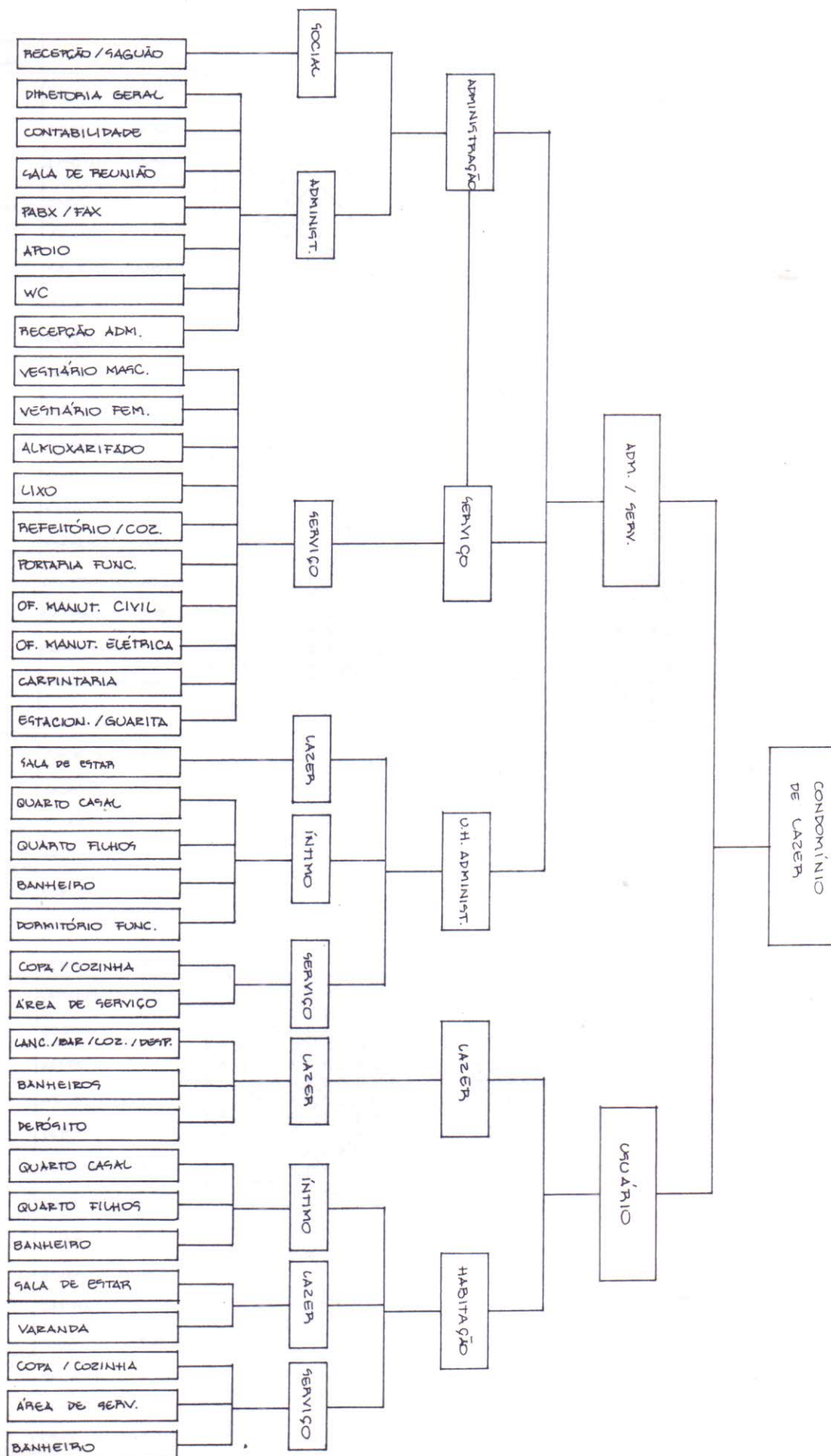


- despensa





## ORGANOGRAMA FUNCIONAL



### MATRIZ TRIANGULAR DE CORRESPONDÊNCIA

CONJUNTO FUNCIONAL	AMBIENTES			LEGENDA:
ADMINISTRAÇÃO	RECEP. / GARGUÃO	D		VALORES
	DIRETORIA GERAL	A <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	A- IMPRESCINDÍVEL
	CONTABILIDADE	C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	B- IMPORTANTE
	PABX / FAX	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C- COMUM
	ATOIO	B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D- SEM IMPORTÂNCIA
	SALA DE REUNIÃO	D	C <sub>2</sub>	RAZÕES
	BANHEIRO	D	C <sub>2</sub>	1- FLUXO DE MATERIAL
	RECEPÇÃO / ADM.	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	2- CONTATO NECESSÁRIO À ATIVIDADE
SERVIÇO	VESTIÁRIO MASC.	D	D	3- CONVENIÊNCIA
	VESTIÁRIO FEM.	B <sub>3</sub>	D	4- FLUXO DE PESSOAS
	ALMOXARIFADO	D	D	
	LIXO	C <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	
	REFEITÓRIO / COZ.	C <sub>1</sub>	D	
	PORTARIA FUNC.	D	C <sub>1</sub>	
	OF. MANUTENÇÃO CIVIL	D	D	
	OF. MANUT. ELÉTRICA	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	
	CARPINTARIA	D	D	
	ESTACIONAMENTO	D	D	
	GUARITA	A <sub>2</sub>	D	
UNID. HABIT. ADMINISTRADOR	SALA DE ESTAR	D	D	
	QUARTO CASAL	D	D	
	QUARTO FILHOS	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	
	BANHEIRO	B <sub>4</sub>	D	
	DORMITÓRIO FUNC.	D	C <sub>1</sub>	
	COPA / COZINHA	D	C <sub>1</sub>	
	ÁREA DE SERVIÇO	A <sub>2</sub>	D	
		D	D	
LAZER	LANCHONETE / BAR	A <sub>1</sub>	D	
	COZINHA	A <sub>1</sub>	D	
	DESPENSA	C <sub>3</sub>	D	
	WC SERVIÇO	D	C <sub>4</sub>	
	DEPÓSITO	C <sub>3</sub>	D	
	VESTIÁRIO MASC.	C <sub>3</sub>	D	
	VESTIÁRIO FEM.	C <sub>3</sub>	D	
		D	D	
UNIDADE HABITACIONAL	QUARTO CASAL	C <sub>4</sub>	D	
	QUARTO FILHOS	B <sub>4</sub>	D	
	BANHEIROS	C <sub>4</sub>	D	
	SALA DE ESTAR	B <sub>4</sub>	D	
	VARANDA	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	
	COPA / COZINHA	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	
	ÁREA DE SERVIÇO	A <sub>2</sub>	D	
		D	D	



FÍSICO  
ÁREA TOTAL PREVISTA PARA EDIFICAÇÃO

PLANILHA DE PROGRAMA DE NECESSIDADES			
EDIFICAÇÃO: CONDOMÍNIO DE LAZER			
CONJUNTO HABITACIONAL	AMBIENTE	ÁREA PREVISTA (m <sup>2</sup> )	ÁREA PROJETADA (m <sup>2</sup> )
UNIDADE HABITACIONAL (60 unidades)	varanda	1096,20	1350,00
	sala de estar	630,00	1081,20
	quartos	1360,80	1231,20
	banheiros	288,00	273,60
	copa/cozinha	972,00	1440,00
	área de serviço	280,80	652,80
TOTAL UNID. HABIT.		4627,80	6028,80
SERVIÇO	vestiário masculino	27,00	20,16
	vestiário feminino	18,40	12,80
	almoxarifado	56,00	65,73
	lixo	5,50	5,20
	oficina civil	6,00	7,20
	oficina elét./mecân.	6,00	6,60
	carpintaria	13,50	7,50
	portaria funcionários	3,60	3,60
	refeitório/cozinha	26,00	31,80
	estacionamento	2482,00	2025,00
	portaria estacion.	1,80	3,60
TOTAL SERVIÇO		2645,80	2189,19
U.H. ADMINISTRADOR	sala de estar	10,50	8,16
	quartos	22,68	18,65
	banheiro	2,40	2,49
	copa/cozinha	16,20	14,11
	área de serviço	4,68	3,64
	dormitório funcion.	8,64	9,84
TOTAL U. H. ADMINISTRADOR		65,10	56,89

ADMINISTRAÇÃO	recepção/saguão	25,00	33,69
	diretoria geral	7,68	8,75
	contabilidade	12,16	12,25
	recepção administr.	7,56	14,70
	sala de reunião	11,16	3,36
	banheiros	3,12	3,36
	apoio	6,00	6,45
	PABX/FAX	6,00	6,80
TOTAL ADMINISTRAÇÃO		78,68	98,00
LAZER	bar/lanchonete	40,00	42,80
	cozinha	8,75	13,30
	banheiro masc.	11,76	10,64
	banheiro fem.	11,20	8,68
	W.C. funcionário	1,56	1,90
	despensa	1,80	2,40
	depósito	6,00	5,28
TOTAL LAZER		81,07	85,00
ÁREA TOTAL PARA A EDIFICAÇÃO		7498,45	8457,88

Observação:

No somatório das áreas não foram consideradas as áreas de circulação e de parede; porém na área projetada já está incluso a circulação interna de cada ambiente.

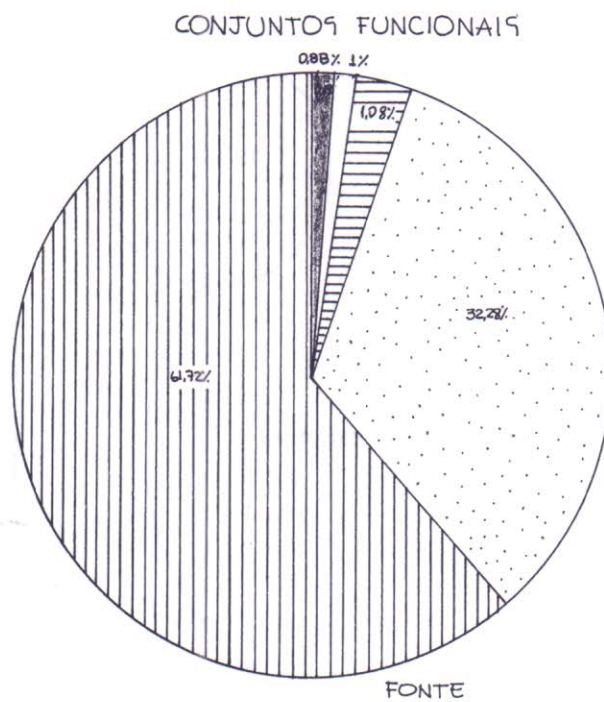
O programa de necessidades apresentado sofreu diversas transformações organizacionais de espaço, partindo de uma célula única, tipo duplex e isolada para um agrupamento em blocos verticalizados.

1º plano - células únicas






2º plano - combinação entre células únicas e agrupadas

3º plano - células agrupadas em blocos verticalizados como mostra o projeto.

## GRÁFICO EM SETORES DOS CONJUNTOS FUNCIONAIS

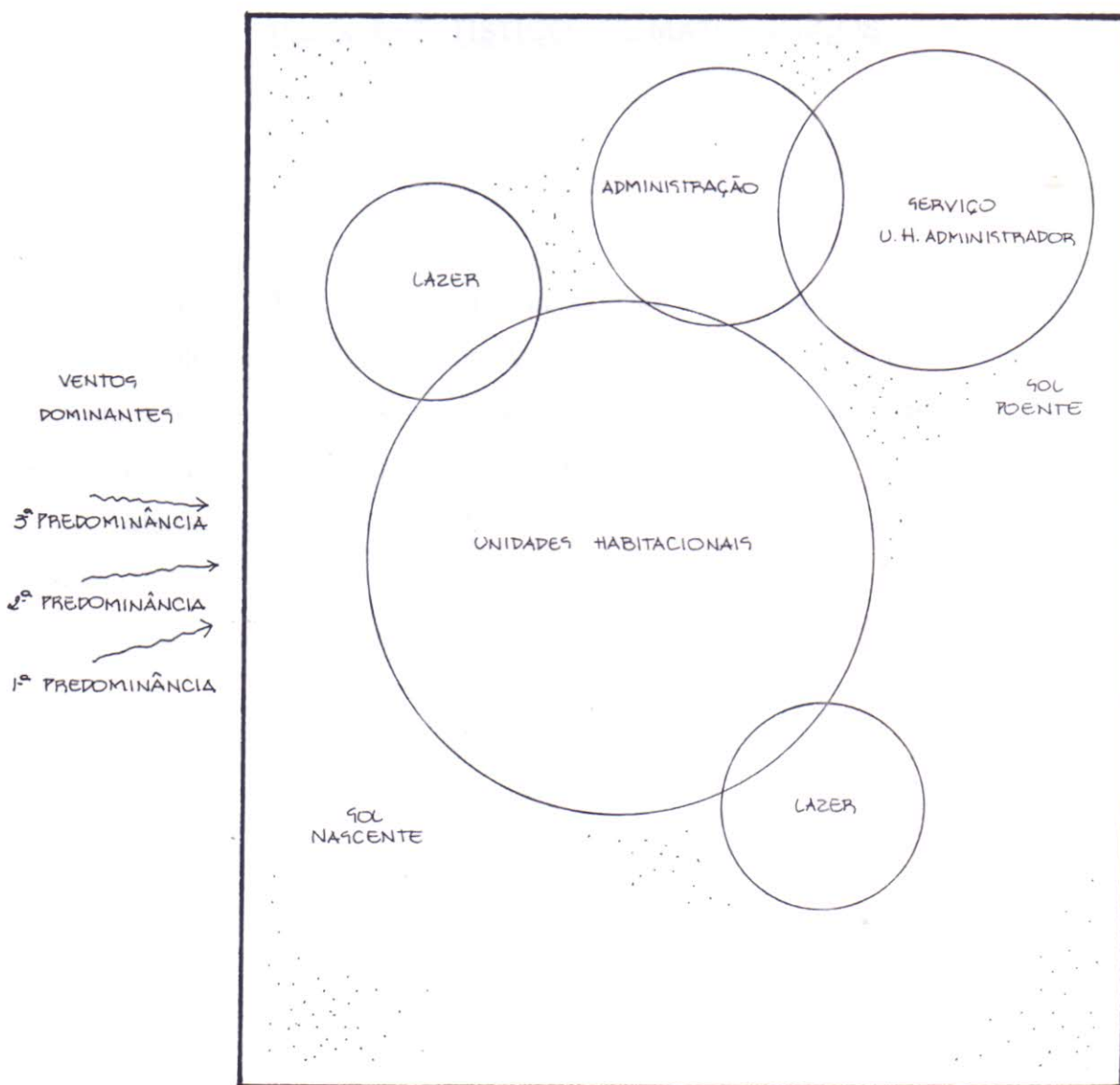


## LEGENDA:

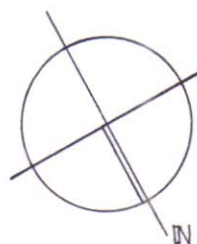
	UNID. HABIT. ADMINISTRADOR		SERVIÇO
	ADMINISTRAÇÃO		UNIDADE HABITACIONAL
	LAZER		



## IDEOGRAMA



ESCALA - 1:1000



**PESQUISAS DE CAMPO**  
**DADOS ESTATÍSTICOS CLIMATOLÓGICOS**

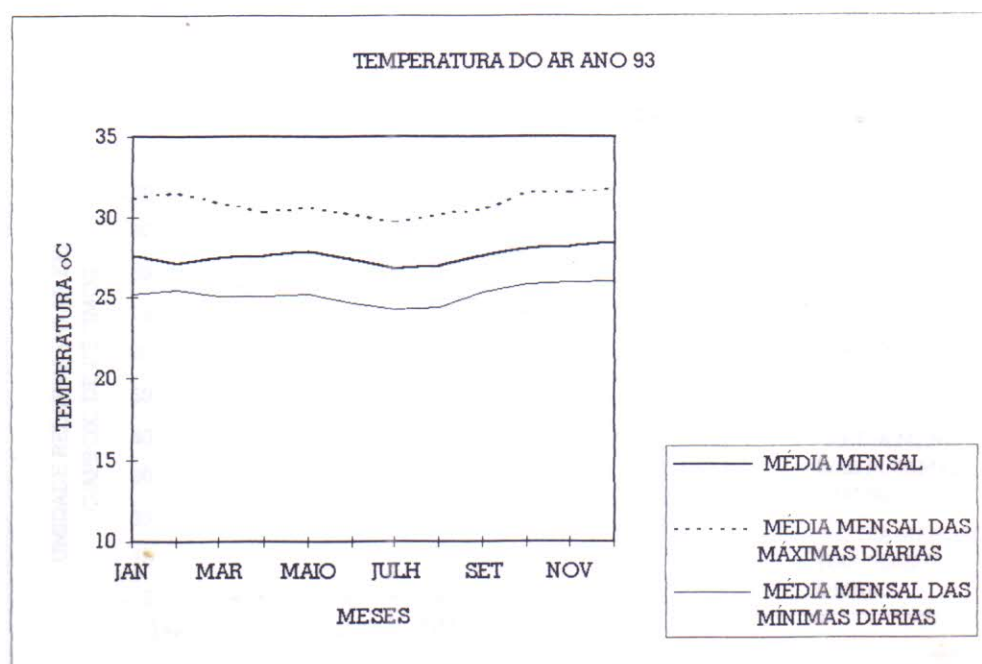
Os dados climatológicos foram extraídos do Relatório Climatológico e Estatístico Mensal da Diretoria da Aeronáutica Civil (DAC) de Fortaleza. Dizem respeito a temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, medidas a cada hora de todo o ano de 1993.

Tais dados foram transcritos através de tabelas e gráficos apresentados abaixo:

## TEMPERATURA DO AR ANO 93

MESES	TEMPERATURA EM °C		
	MÉDIA MENSAL	MÉDIA MENSAL DAS MÁXIMAS DIÁRIAS	MÉDIA MENSAL DAS MÍNIMAS DIÁRIAS
JAN.	24,6	31,2	25,2
FEV.	27,1	31,6	25,5
MAR	27,5	31,0	25,1
ABR.	27,6	30,3	25,1
MAIO	27,8	30,6	25,2
JUN.	27,4	30,2	24,7
JUL.	26,8	29,8	24,3
AGO.	27,0	30,2	24,4
SET.	27,6	30,5	25,3
OUT.	28,1	31,5	25,8
NOV.	28,2	31,5	26,0
DEZ	28,5	31,8	26,1

Fonte: DAC

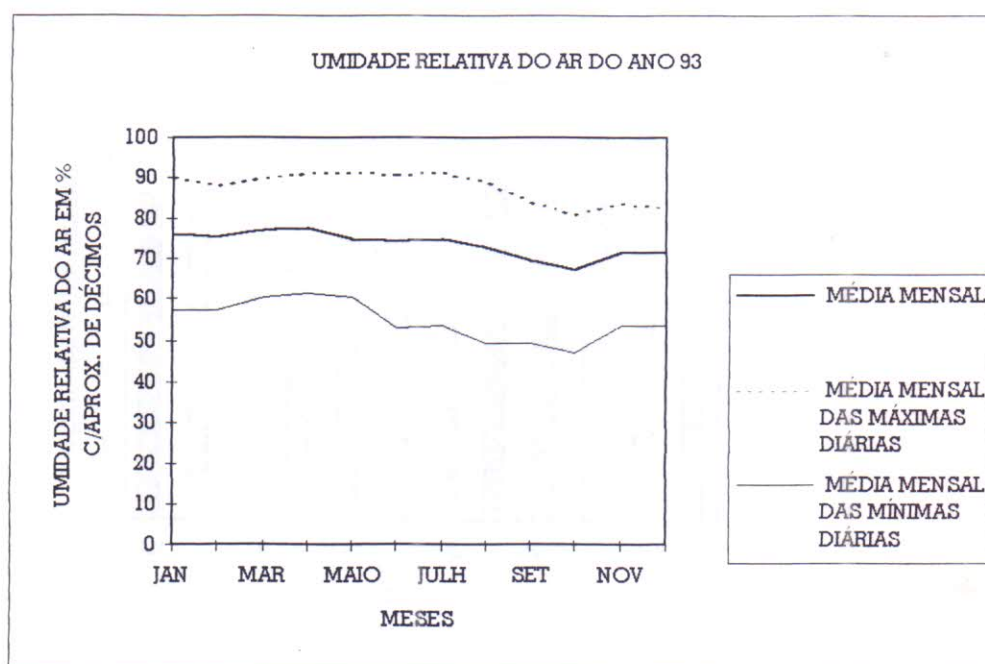




## UMIDADE RELATIVA DO AR DO ANO 93

MESES	UMIDADE RELATIVA DO AR EM % C/APROX. DE DÉCIMOS		
	MÉDIA MENSAL	MÉDIA MENSAL DAS MÁXIMAS DIÁRIAS	MÉDIA MENSAL DAS MÍNIMAS DIÁRIAS
JAN.	76,3	90,0	57,3
FEV.	75,3	88,0	57,5
MAR	77,3	90,0	60,6
ABR.	77,9	91,7	61,6
MAIO	75,0	91,7	60,7
JUN.	74,5	91,0	53,0
JUL.	75,1	91,5	53,4
AGO.	72,8	89,1	49,1
SET.	69,5	84,3	49,4
OUT.	67,3	81,0	47,0
NOV.	71,8	84,1	53,5
DEZ	71,6	82,9	53,7

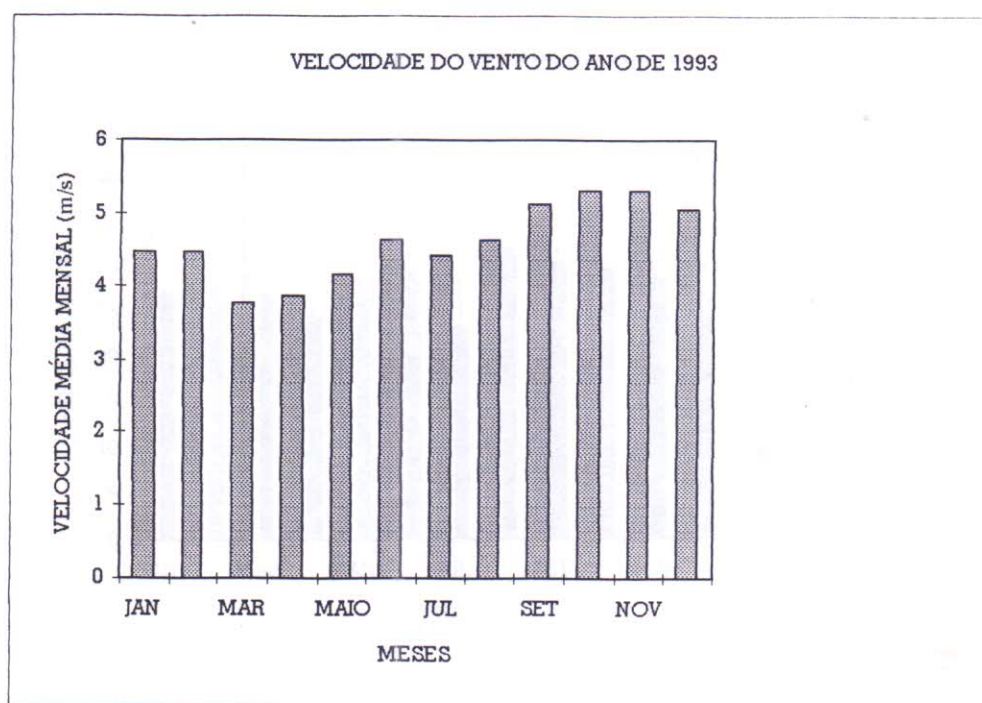
Fonte: DAC



## VELOCIDADE DO VENTO DO ANO DE 1993

MESES	VELOCIDADE MÉDIA MENSAL
	(m/s)
JAN.	4,47
FEV.	4,47
MAR	3,75
ABR.	3,85
MAIO	4,16
JUN.	4,63
JUL.	4,42
AGO.	4,63
SET.	5,14
OUT.	5,30
NOV.	5,30
DEZ	5,04

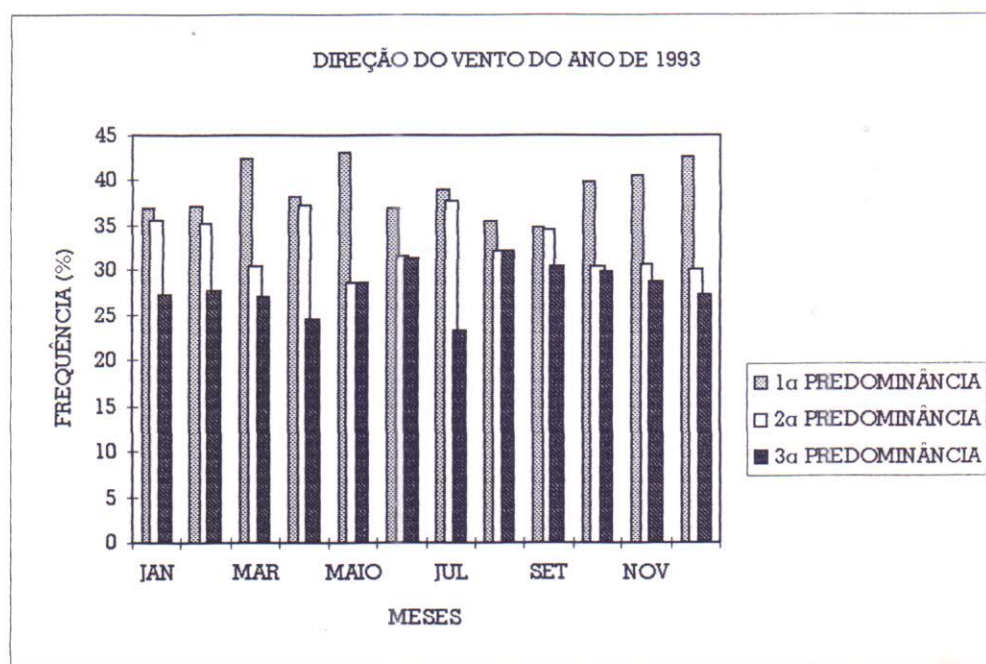
Fonte: DAC



## DIREÇÃO DO VENTO DO ANO DE 1993

MESES	DIREÇÃO DO VENTO					
	1ª PREDOMINÂNCIA		2ª PREDOMINÂNCIA		3ª PREDOMINÂNCIA	
	F(%)	ÂNGULO	F(%)	ÂNGULO	F(%)	ÂNGULO
JAN.	37,0	100	35,7	110	27,3	120
FEV.	37,1	90	35,2	100	27,7	110
MAR	42,4	100	30,6	90	27,0	110
ABR.	38,1	90	37,4	100	24,5	110
MAIO	43,0	100	28,5	110	28,5	120
JUN.	37,0	110	31,6	120	31,4	100
JUL.	39,0	120	37,7	110	23,3	100
AGO.	35,4	110	32,3	120	32,3	100
SET.	34,8	110	34,6	120	30,6	100
OUT.	39,8	100	30,4	110	29,8	120
NOV.	40,5	100	30,8	110	28,7	120
DEZ	42,7	100	30,1	110	27,2	120

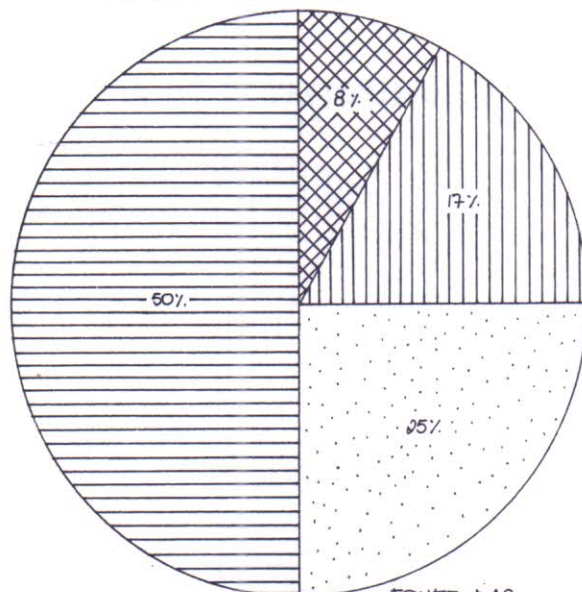
Fonte: DAC









## TENDÊNCIA DA 1ª PREDOMINÂNCIA DO ANO DE 1993

ÂNGULOS	FREQÜÊNCIA (%)
90	2
100	6
110	3
120	1

TENDÊNCIA DA 1ª PREDOMINÂNCIA  
DO ANO DE 1993

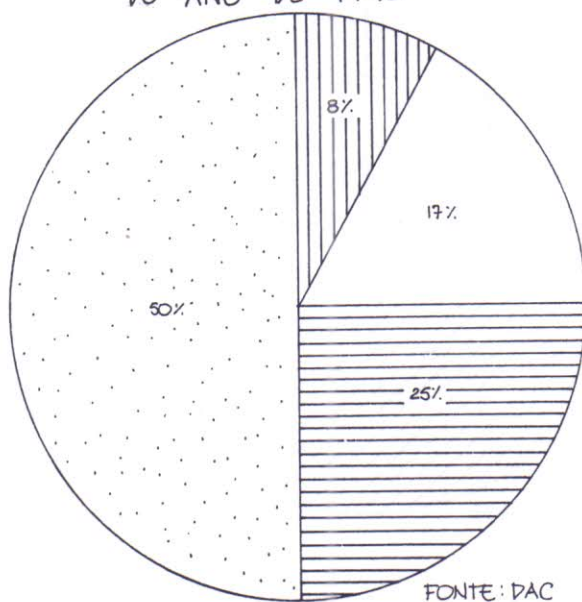
FONTE: DAC

## LEGENDA:

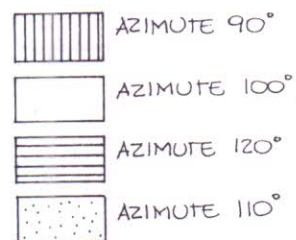
-  AZIMUTE 120°
-  AZIMUTE 90°
-  AZIMUTE 110°
-  AZIMUTE 100°

## TENDÊNCIA DA 2ª PREDOMINÂNCIA DO ANO DE 1993

ÂNGULOS	FREQÜÊNCIA (%)
90	1
100	2
110	6
120	3

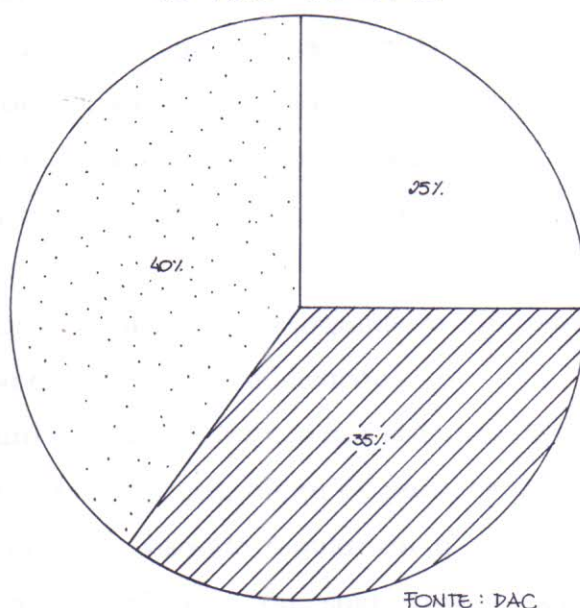
TENDÊNCIA DA 2ª PREDOMINÂNCIA  
DO ANO DE 1993

## LEGENDA:






## TENDÊNCIA DA 3ª PREDOMINÂNCIA DO ANO DE 1993

ÂNGULOS	FREQUÊNCIA (%)
100	4
110	3
120	5

TENDÊNCIA DA 3ª PREDOMINÂNCIA  
DO ANO DE 1993

LEGENDA:

-  AZIMUTE 110°
-  AZIMUTE 100°
-  AZIMUTE 120°

FONTE: DAC



## INFORMAÇÕES PRÁTICAS

### ENERGIA SOLAR

A energia solar é por diversas vezes confundida com arquitetura solar porém ela se encontra em função da arquitetura; procurando, assim como outros fatores, um verdadeiro enriquecimento do bem-estar do ser humano.

Ao tratar de arquitetura e energia alternativa o arquiteto assume uma postura de extrema responsabilidade de interagir no meio ambiente, espaço físico e psicológico do homem, através de soluções racionais e ricas em estruturas. Dessa forma, o arquiteto tem o poder de transformar a natureza em um marketing para a própria comunidade. Logo, talvez no momento atual, não se deva tomar como ponto de partida uma arquitetura moderna ou antiga, mas uma arquitetura que vise o homem, o seu bem-estar individual e em comunidade, dentro de um ecossistema. Daí, o aproveitamento dos recursos naturais tecnológicos em função do conforto ambiental para o homem e da arquitetura no processo de economia de energia.

Atualmente, nos países mais desenvolvidos, a arquitetura possui três classificações:

- 1ª Arquitetura autônoma ou arquitetura de energia zero, apresentando independência energética das edificações.
- 2ª Arquitetura solarizada, faz uso dos sistemas de captação de energia solar.
- 3ª Arquitetura bioclimática, altera os partidos arquitetônicos e a volumétrica dos espaços internos, visando regularizar a influência dos fluxos energéticos solares no meio ambiente; ou seja, aplica corretamente os elementos arquitetônicos para dar ao meio ambiente um alto grau de conforto ambiental não só nas edificações, mas também nos espaços maiores do urbanismo e do planejamento regional. Tem sua origem na arquitetura vernacular.

É preciso que se faça uma diferenciação: o sistema de captação de energia solar é necessário para economizar energia porém não melhora a qualidade da arquitetura.

O uso da energia solar pode ser ativo e passivo.

No sistema ativo são analisados os aparelhos de captação de energia, os coletores solares, bombas, baterias etc. No sistema passivo são analisados o estudo da insolação a partir da carta solar, da direção dos ventos dominantes, do microclima do sítio e das formas arquitetônicas.

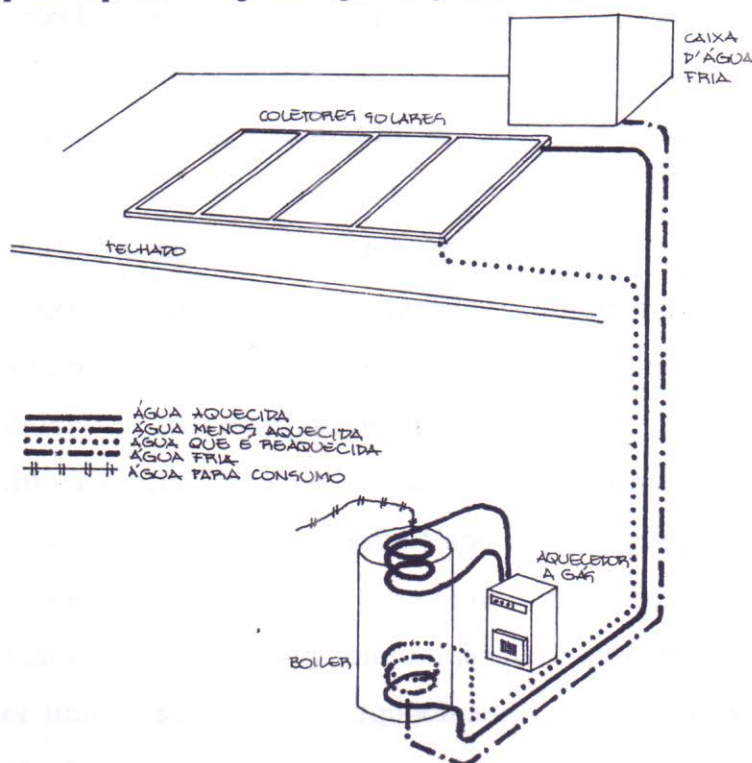
Os sistemas ativos de captação de energia solar são constituídos de aparelhos ou equipamentos. A energia coletada pode ser usada para o aquecimento ou resfriamento do ar e da água e também para ser armazenada atendendo à demanda nos períodos de não insolação.

Os aparelhos mais usados são: os coletores solares, utilizados no aquecimento da água de uso doméstico, água de piscinas, climatização do ar etc.; os destiladores solares e as células voltaicas, utilizadas na geração de eletricidade.

A utilização da energia solar no aquecimento d'água é bastante vantajosa devido a durabilidade do sistema, a presença de muitas horas de sol diárias na região Nordeste e a permanência de água quente.

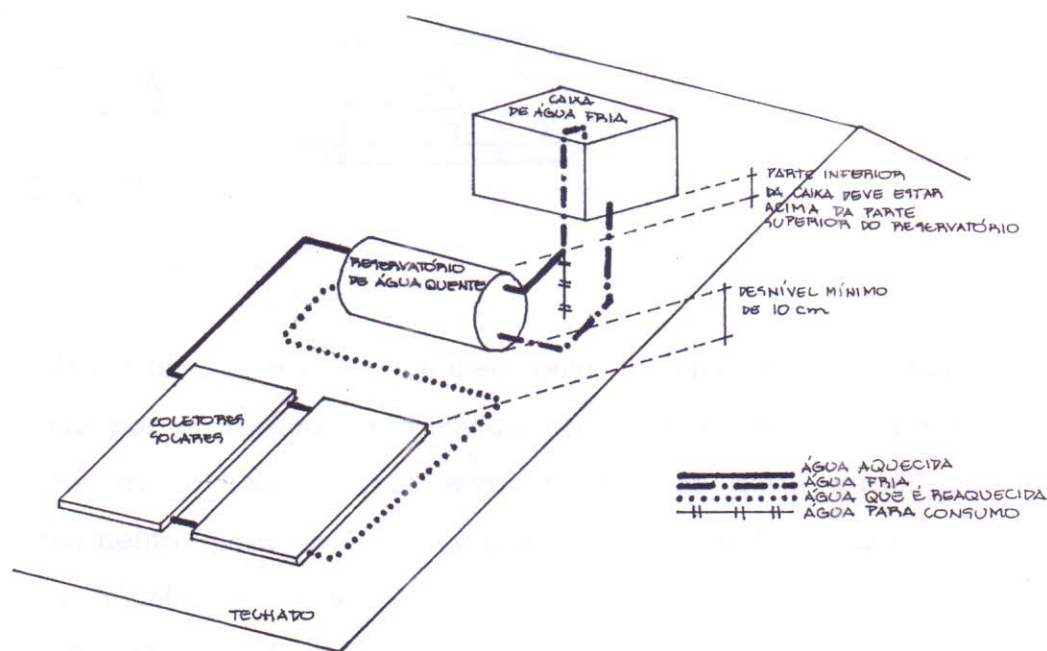
O funcionamento do sistema pode ser feito: por bombeamento ou por termosifão.

Quando o sistema funciona por bombeamento, o boiler, que é o reservatório onde a água aquecida fica armazenada, situa-se em um nível inferior ao dos coletores solares, necessitando de bombeamento para retorno da água aos coletores solares e de um equipamento elétrico ou a gás conectado em paralelo ao sistema para ser acionado toda vez que a energia solar for suficiente para aquecer a água. Segue esquema abaixo:





Quando o sistema funciona por termosifão o boiler ou caixa de água quente se encontra acima dos coletores solares e abaixo da caixa de água fria. Esse sistema é mais econômico porque dispensa o uso de bombas pois a água por ser uma substância cuja densidade máxima se apresenta a  $4^{\circ}\text{C}$ , torna-se mais leve à medida que se aquece. Com base nessa propriedade da água segue o esquema a baixo:



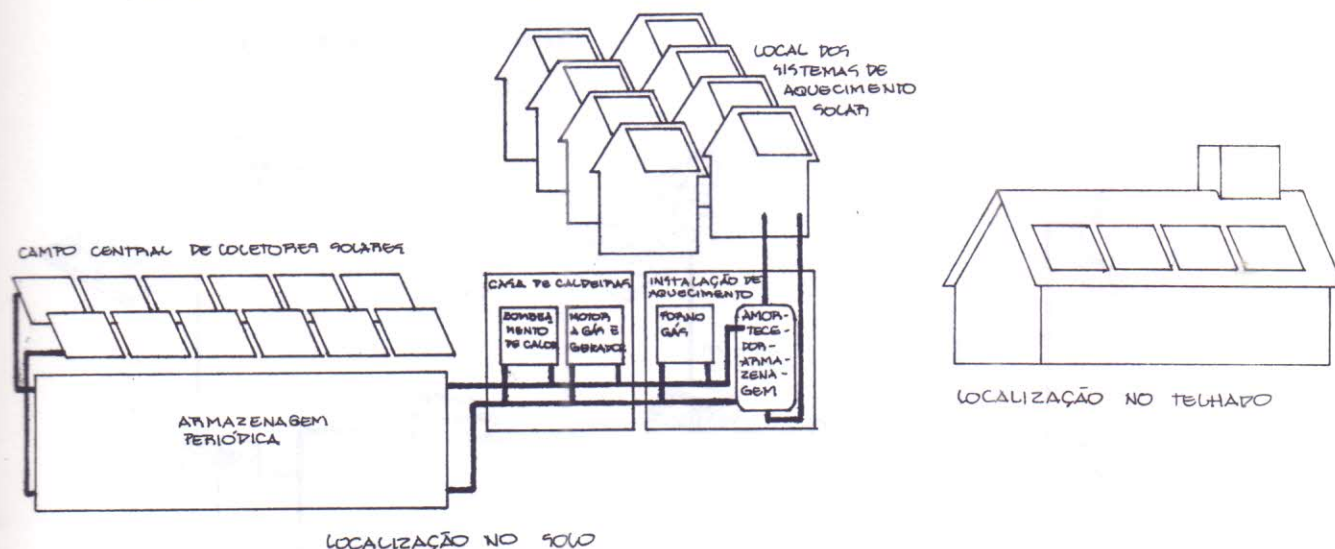
Dessa forma o sistema de aquecimento solar se baseia principalmente no coletor e no tipo de funcionamento.

A placa coletora é montada em uma estrutura de alumínio enegrecida ligada a uma grade de tubos de cobre por onde circula o líquido a ser aquecido; a parte superior da placa é coberta em lâmina de vidro que cria entre as duas peças o efeito de estufa, quando a radiação solar é captada; absorvida a energia térmica, a água é aquecida e se transfere naturalmente para o tanque armazenador ou caixa de água quente.

Tanto as tubulações como a caixa de água quente e os pontos de consumo devem receber isolamento térmico para que não haja perda de calor. Deve ser revestido internamente por cobre e aplicado por fora do cobre 100 mm de lã de vidro. No caso do funcionamento por termosifão, dentro do reservatório deverá ter uma resistência de aquecimento de 1500W que poderá ser usado quando não tiver sol.



Os coletores solares podem localizar-se no telhado ou formando uma central de coletor solar no chão funcionando por bombeamento, isolados ou agrupados, como nos exemplos a baixo:



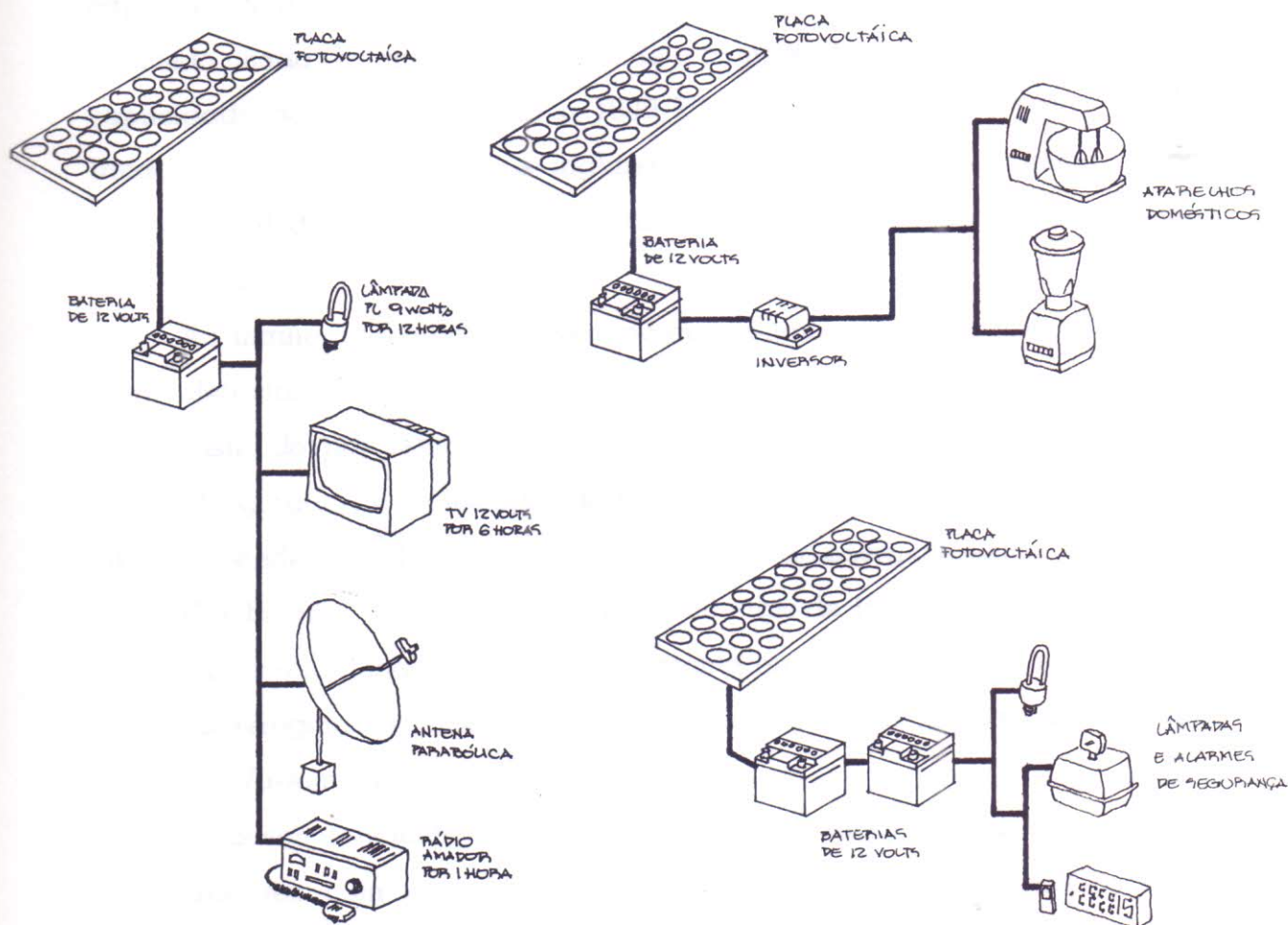
No caso específico optou-se pela localização no telhado, tanto por trabalhar por termosifão como devido a restrição de espaço. Porém em ambas situações os coletores devem estar voltados ao norte verdadeiro, evitando sombreamento, elevados a  $19^\circ$  com o plano horizontal, podendo coincidir ou não com a inclinação do telhado.

Os coletores devem ser ligados em paralelo e quando for necessário montar 2 ou mais fileiras, a distância mínima entre as fileiras deverá corresponder, no Ceará, a 0,80 vezes a altura do coletor, para evitar sombras.

Um coletor solar tem em média 1,85m de comprimento por 1,075m de largura, 6,3 cm de espessura e 45 kg de peso total. Cada placa tem capacidade para aquecer 150 l/dia. Para a realização do cálculo do número de coletores deve-se calcular antes o volume de água quente requerido.

A utilização da energia solar na geração de eletricidade não é tão compensatória devido ao alto custo dos painéis fotovoltaicos em relação à quantidade de energia solar que é transformada em eletricidade apenas 12% do que é absorvido, o restante se perde. Por esse motivo optou-se pelo uso da energia solar exclusivamente para o aquecimento de água. Porém, estão sendo realizados estudos entre a Universidade Federal e as fábricas produtoras para que até o ano 2000 tais painéis já possam ser utilizados de maneira eficiente reduzindo os custos.

Para geração de energia elétrica pelo sol se utiliza uma placa formada por células fotovoltaicas. São células feitas de silício que absorvem as partículas de fótons dos raios solares em corrente elétrica de 12 volts. A partir daí segue os esquemas abaixo:



Além dessas opções de uso pode-se usar uma lâmpada solar, em garagens ou varandas. É uma espécie de holofote de baixa potência, possui o mesmo sistema de captação de radiação solar dos painéis fotovoltaicos, porém compacto em único aparelho (a placa, o armazenamento e a lâmpada). À medida que o sol vai se pondo, a lâmpada vai automaticamente se acendendo, constituindo um sistema autônomo de iluminação capaz de durar por toda a noite.

Após a explanação feita pode-se concluir que mesmo tendo em vista o elevado valor do investimento inicial, torna-se compensatório o uso da energia solar para aquecimento de água, pela durabilidade do sistema de no mínimo 20 anos, praticidade da manutenção e redução considerável nos custos da energia elétrica, cerca de 40 a 50%.



## ENERGIA EÓLICA

A energia eólica inicialmente utilizada através de cata-ventos para captação de água e moagem de grãos, vem sendo largamente desenvolvida. Tem sido usada em muitos países desde o começo desse século. Sistemas com capacidade para gerar de 100 a 1000 kW são desenvolvidos pelos Estados Unidos, França, Dinamarca e Inglaterra. Funcionam paralelamente à rede convencional de energia elétrica sendo mais eficientes que outros sistemas como o gás.

A Dinamarca é o país pioneiro no aproveitamento da energia eólica para gerar eletricidade. Desde 1977 está em funcionamento um aerogerador de 3 MW construído por estudantes e profissionais voluntários. Atualmente, estão operando geradores de indução de 630 kW para realização de estudos e no futuro pretendem produzir 10% da sua demanda de energia elétrica.

Nos Estados Unidos entre 1920 e 1950 mais de 10000 fazendas passaram a utilizar esse sistema como armazenamento em baterias. Com a redução no preço do aerogerador, expandiu a sua utilização e sistemas pequenos têm sido usados na Argentina, Austrália e África.

O desenvolvimento e incentivo dado a energia eólica pelo governo americano fez com que muitas corporações privadas desenvolvessem e comercializassem os sistemas eólicos como a General Electric and Lockheed Aerospace, a National Aeronautics and Space Administration (NASA), a Aluminum Company of America (ALCOA), Greemman Aerospace dentre outras.

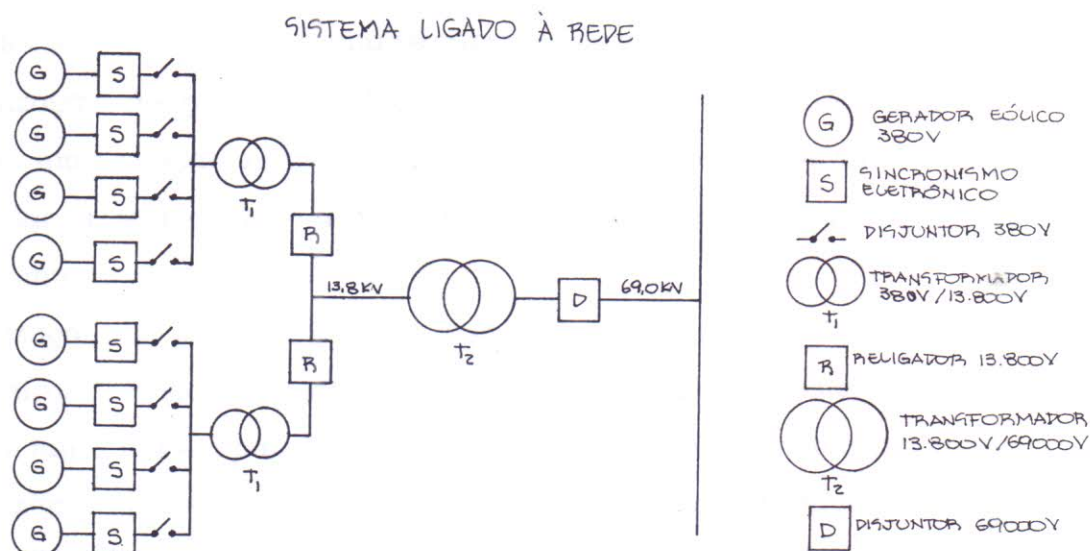
Em 1976 começaram a ser desenvolvidos sistemas menores para aplicação em residências, atualmente, 500 desses sistemas estão instalados nos Estados Unidos em paralelo com a linha convencional.

Devido a variação na velocidade do vento, o sistema eólico produz uma oscilação na produção de energia, sendo mais conveniente o seu uso em paralelo; ou seja, ligado à rede convencional de energia elétrica.

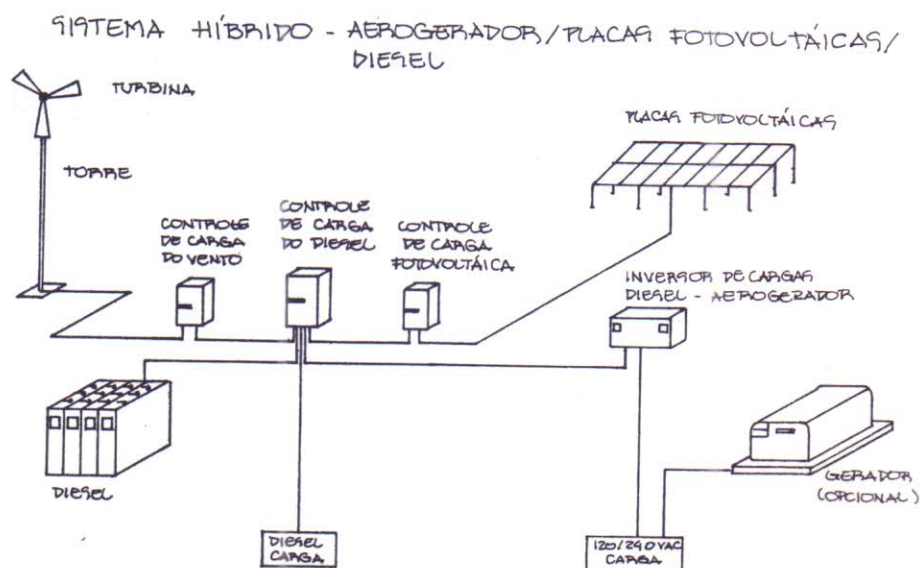
O sistema ligado à rede economiza a energia da rede, sendo necessário somente um transformador para elevar a voltagem e atingir rede. Ainda pode vender a energia gerada a mais, nas horas de peak ou não utilizada, para a



companhia elétrica local em forma de bônus e utilizar a energia da rede nas horas de calma ou manutenção.



O Sistema autônomo ou híbrido é um sistema isolado requer um sistema de armazenamento de energia, podendo ser através de um conjunto de baterias, de um convertor a corrente direta, de inversores para que se atinja a voltagem dos aparelhos elétricos convencionais e de uma casa de subestação para distribuição da linha. Pode funcionar com sistemas à gás e fotovoltaicos; porém, devem completar-se de tal forma que cada um cumpra o seu papel e a captação, conversão e utilização da energia funcionem como um todo. É um sistema de custo elevado e só justifica em situações em que qualquer outra opção é mais onerosa ou não exista outra alternativa.



Atualmente, existem 3 configurações básicas para o sistema em paralelo:

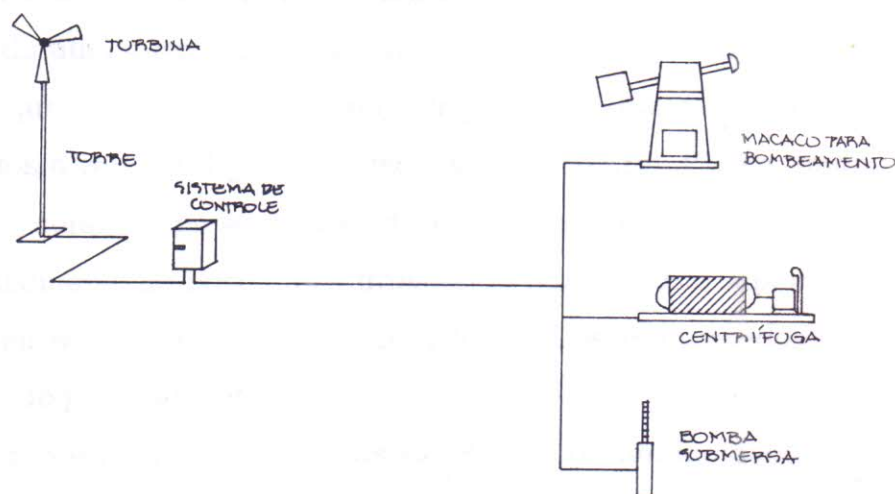
- a introdução de um gerador, sendo um sistema mais popular e barato. Mantém a voltagem e a frequência constante pois sempre que necessário o gerador é ativado. Dessa forma se constitui um sistema autônomo.
- a utilização de geradores síncronos são mais caros porque precisam manter uma rotação visto que não necessitam de fontes convencionais para controlar a voltagem e a frequência. Também constituem um sistema autônomo.
- a utilização de linha convertida, constitui um sistema sólido de controle eletrônico. Tem sido amplamente utilizado em pequenos sistemas eólicos e podem funcionar em paralelo com a energia solar (células fotovoltaicas).

Assim pode-se dividir dois sistemas fundamentais de funcionamento: o sistema autônomo ou híbrido e o ligado à rede.

A energia eólica também pode ser utilizada para o bombeamento de água tanto para a irrigação como para o abastecimento de água.

A evolução dessa teoria aerodinâmica permitiu uma nova geração de aerobombas, substituindo, em determinadas aplicações, o modelo clássico americano de pás múltiplas cujo benefícios sociais e econômicos são de grande importância; pois significa uma energia aproveitada equivalente a mil milhões de kWh, o que representa uma capacidade instalada de 3000 MW.

SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA





Atualmente, as máquinas existentes de maior potência são:

- 800 kW - Nogent e Le Roi, na França
- 1000 kW - Landes, na França
- 2000 kW - Boone, em Carolina do Norte, nos Estados Unidos
- 2000 kW - na Dinamarca
- 3000 kW - na Alemanha

A sua localização requer alguns cuidados para que o efeito do vento não influencie na eficiência da máquina. Logo, deve ser instalado em um local onde:

- a velocidade do vento seja igual ou superior a 5 km/h e constante
- o vento esteja livre de qualquer obstáculo que possa reduzi-lo ou desviá-lo
- o relevo do terreno não apresente rugosidade, seja uma área plana, evitando turbulências no vento
- a área da pá deve estar perpendicular à direção do vento
- o aerogerador deve estar elevado no mínimo a 40 m do solo, e
- deve estar distante, no mínimo, a 100 m da última residência, evitando turbulências no vento para a máquina e perturbações sonoras e sombreamentos para as habitações.

Dessa forma, antes que se implante esse sistema devem ser analisados, cuidadosamente, a velocidade e a direção do vento e a topografia do terreno.

O aerogerador não é fixo à haste, ele move-se de acordo com a direção do vento através de um sensor que o orienta. Podem trabalhar juntos ou independentes, apresenta uma fácil instalação, manutenção uma vez por ano e possui vida útil de aproximadamente 15 anos. São, geralmente, compostos por três pás que podem se apresentar na posição horizontal (figura 01) como os cata-ventos e vertical (figura 02) fixas no eixo central. Porém, quando verticais, apesar de serem mais eficientes, devido ao movimento e à velocidade, ocorre um afrouxamento na base que é transferido para a parte superior, necessitando de um ajuste sempre que apresentar folga. Dos aerogeradores em uso, 95% deles são de pás horizontais.

Como é possível atender as exigências de implantação, o Ceará terá o seu primeiro parque eólico com capacidade para abastecer 5000 residências. Apartir de um convênio entre a Coelce, a CHESP e a Cia Docas, será implantado na Praia Mansa, no Mucuripe, 4 aerogeradores com capacidade de



gerar 300 kW, ligados à rede.

No Brasil, estão implantados um parque eólico em Minas Gerais com capacidade para gerar 1 MW e outro em Fernando de Noronha para atender a ilha, conectado a rede principal que é a diesel.

Para se ter uma noção do tamanho de um aerogerador podemos dizer que um aerogerador com potência máxima de 300 kW deve ter um diâmetro das pás de aproximadamente 20 metros e deve estar a 50 metros do solo. O espaço que ocupa corresponde a  $250 \text{ m}^2$ , sendo necessário mais de 30 m para manutenção.

Para efeito de cálculo deve ser estabelecido:

- se o sistema será autônomo ou ligado à rede
- a demanda da carga elétrica necessária, em média diária (kWh/dia)
- a potência máxima solicitada
- a variação da demanda no decorrer do ano
- incluir ou não numa demanda para bombeamento de água
- caso seja um sistema autônomo, determinar o número de baterias desejadas e a sua localização
- apresentar as características do local e analisar a necessidade de um gerador de emergência ou não
- analisar as características físicas do terreno e da implantação do aerogerador.

Os cálculos serão executados por um especialista na área através de programas computadorizados.

A utilização da energia eólica como fonte de energia elétrica torna-se bastante viável pois apesar do seu elevado investimento inicial, a longo prazo, torna-se mais rentável que a utilização exclusiva da energia elétrica da rede, além do aspecto econômico, por ser uma fonte renovável não está sujeita a extinção, substitui a utilização de combustíveis e apresenta-se como uma fonte natural e não poluente.

Atualmente 70 países ao redor do mundo usam a energia eólica. Acredita-se que no século 21, o vento produzirá a energia elétrica mais econômica e aproveitável para qualquer recurso.





FIG. 01



FloWind has designed, manufactured, owned, operated, and maintained wind turbines since 1982 with development of 180 MW of installed substation capacity and 132 MW of installed wind turbine generating capacity. FloWind is a leader in delivering wind generated electricity to U.S. utilities.

FloWind is drawing upon this experience to bring you a new generation of advanced wind turbines.

The EHD (extended height-to-diameter) series is a class of advanced, utility grade vertical axis wind turbines designed to maximize production from any given wind area. By varying rotor height and diameter, an optimal balance between swept area, aerodynamic efficiency and wake loss is achieved.

The EHD is friendly to both service personnel and local wildlife. Offering no perch and operating at two-thirds of conventional tip speeds, FloWind's VAWTs have been associated with minimal avian mortalities. As virtually all maintenance items are mounted at ground level there is no need to climb tall towers to service the EHD-dramatically improving worker safety.

FloWind currently operates a fleet of 500 first generation vertical axis machines, virtually all of which are still in operation. FloWind's EHDs are designed to extend this record of rugged reliability.

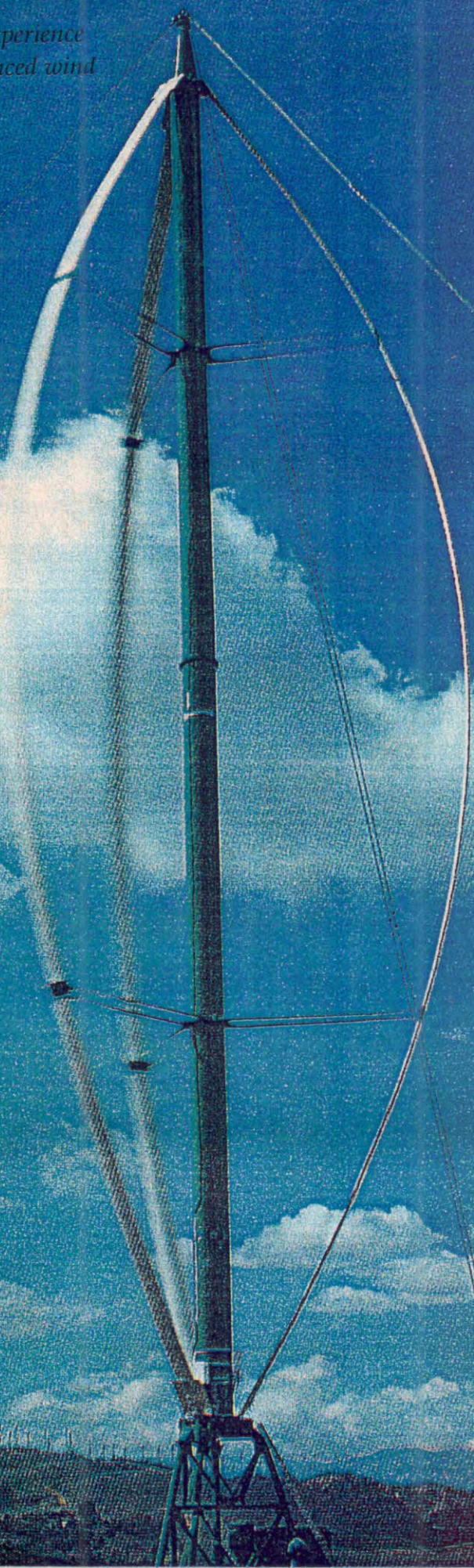


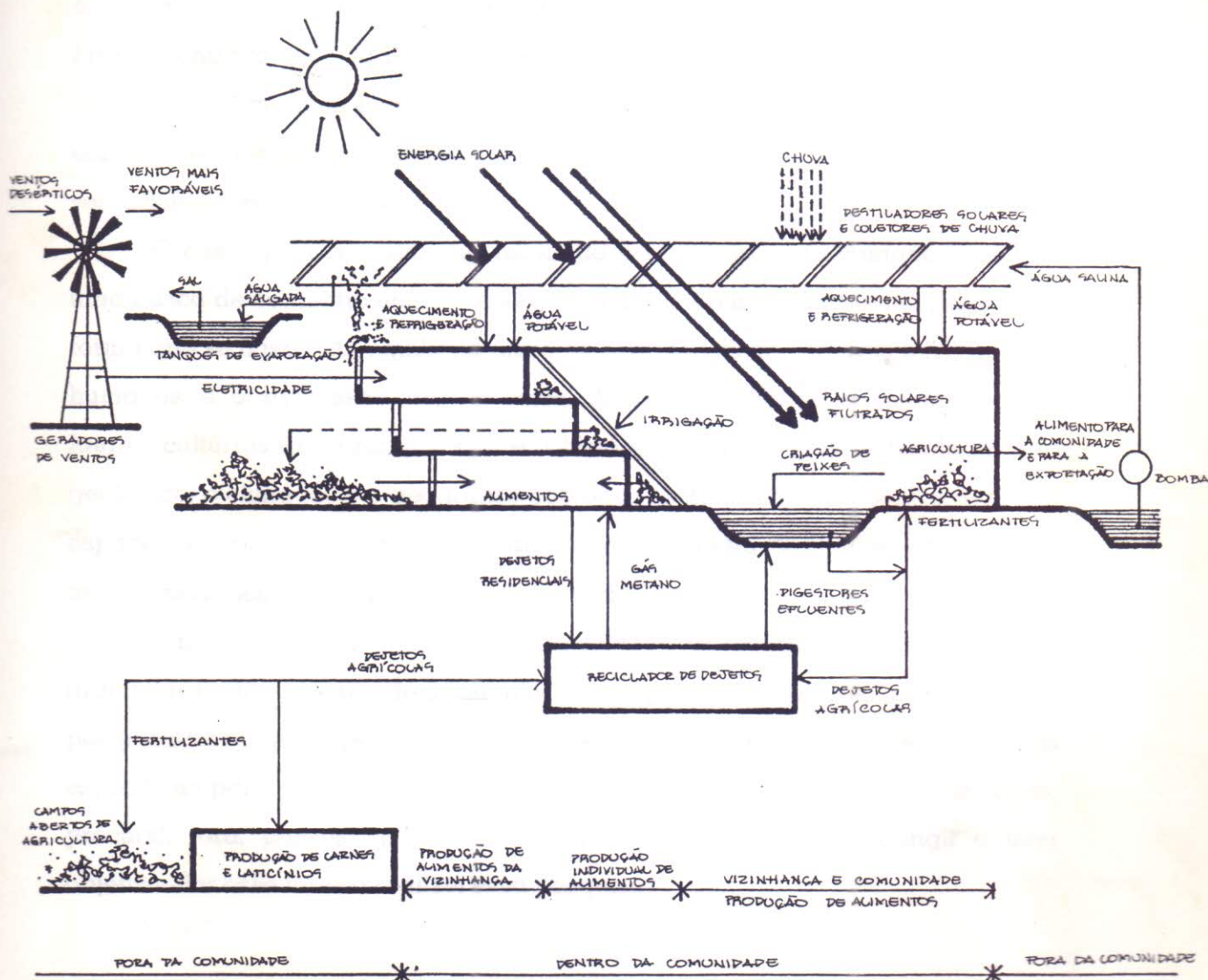
FIG.02



## ARQUITETURA AUTÔNOMA

Tem o objetivo de dominar todas as energias naturais e obter a independência das fontes convencionais de energia. Porém, torna-se inviável devido o alto custo pois o investimento nos equipamentos utilizados seria bastante elevado. Nessa situação a arquitetura bioclimática é um ponto auxiliar dentro de um conjunto maior; porém, os efeitos que ela produz tanto em termos de conforto como de economia energética, ela torna-se fundamental e primordial em todo o contexto. Sob esse prisma a arquitetura autônoma está longe de alcançar a simplicidade e viabilidade econômica da arquitetura bioclimática.

ESTRUTURA BÁSICA DE UMA COMUNIDADE AUTÔNOMA NO DESERTO, USANDO ELEMENTOS NATURAIS (VENTO, CHUVA, SOL, TERRA, MAR) ATRAVÉS DOS QUAIS GERA O SEU CICLO VITAL.





## PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS

Quanto mais se estuda os recursos humanos mais se confirma que para existir uma atmosfera de desenvolvimento e progresso, é preciso que se atinja um certo padrão de conforto e segurança física e emocional. Consequentemente, o homem passa a se desenvolver de uma maneira mais eficiente. Dessa forma a arquitetura entra como uma das prioridades do espaço organizacional.

A arquitetura bioclimática trata o conforto ambiental como o resultado de uma interação harmoniosa entre os elementos naturais (a vegetação, o homem e o clima) e os elementos arquitetônicos (paredes, aberturas e coberturas). Proporcionando aos ambientes condições satisfatórias à realização das atividades humanas. Logo, encontra-se em função dos elementos naturais específicos de cada região, caracterizando-se como uma arquitetura verdadeira, regional e determinada.

O clima produz efeitos na fisiologia e temperamento humanos, criando uma busca de equilíbrio entre a energia humana e o meio ambiente. Da mesma forma que se busca um equilíbrio entre as características culturais e fisiológicas humanas e a expressão arquitetônica. Ambos equilíbrios se interagem: os fatores culturais (a moral, o social e o histórico), com os fatores fisiológicos (o geológico, o climático e o geográfico sob os aspectos: luminoso, sônico, térmico, espacial e vivo) e com a expressão arquitetônica dentro dos limites econômicos, as necessidades físicas e emocionais de cada ser humano.

Tendo como objetivo aplicar um método de controle climático para a arquitetura, tive como fundamento os estudos realizados por diversos pesquisadores, principalmente Olgyay e Givoni, bem como suas análises específicas para cada área. Logo, para poder adaptar um processo construtivo, procurei, fora, passos intermediários que me conduzissem a atingir o meu objetivo. Por esse motivo realizei essa pesquisa.

Esse processo construtivo de acordo com Olgyay pode ser dividido em quatro passos, onde se estuda: as variáveis climáticas, biológicas e tecnológicas e, só posteriormente, a arquitetura; reunindo a importância de cada passo em uma unidade.

O primeiro passo consiste no estudo do clima da localidade em questão; onde cada elemento tem diferente impacto e se apresenta de maneira diferente. Os elementos climáticos podem ser analisados anualmente, como a temperatura, a umidade relativa, a radiação e os efeitos do vento. Além disso, as modificações nas condições microclimáticas devem ser consideradas. Essa análise tornou-se importante quando o homem foi considerado um medidor fundamental na arquitetura e o desenho habitacional deveria obedecer as suas necessidades biológicas.

Antigamente, os arquitetos já reconheciam que a adaptação à região era o princípio essencial da arquitetura. Atualmente, essa idéia está cada vez mais próxima da fisiologia humana; isto é, o bem estar passa a ser tão importante quanto a estética. Para considerar o clima como um fator primário é necessário que o mesmo seja um fator influencial na expressão arquitetônica.

A maneira mais prudente de se proceder é não ir contra as forças da natureza, mas usar as potencialidades que ela oferece para criar boas condições de moradia; pois cada região possui um tipo de desenho diferente e estrutura específica.

Os desvios no clima são importantes para a arquitetura no que diz respeito à localização e à orientação.

O segundo passo diz respeito à evolução de cada impacto climático em termos fisiológicos; ou seja, a evolução biológica que se baseia nas sensações humanas. Os elementos climáticos são transcritos em uma carta bioclimática a intervalos regulares, mostrando um diagnóstico da região com relativa importância da variação dos elementos climáticos.

O terceiro passo se refere às soluções tecnológicas mais aplicadas para cada problema de conforto ambiental, interceptando as situações desfavoráveis e utilizando os impactos vantajosos na hora certa e na quantidade adequada. É necessária para balancear a edificação, podendo ser analisada através da: localização, orientação, gráficos solares, cálculos de radiação, forma das edificações, do movimento do ar e do balanço da temperatura interna que pode



ser obtido através da aplicação cuidadosa dos materiais (tanto o tempo de retardamento como as características de insolação dos materiais podem ser utilizados para melhorar as condições interiores, tentando-se obter um mínimo de calor ganho na estrutura para climas quentes).

Finalmente a aplicação das descobertas dos três passos anteriores na arquitetura. Devem ser desenvolvidos e balanceados de acordo com a importância dos diferentes elementos. Dessa forma, o balanço climático começa na localização e caminha até os layouts da habitação com considerações cuidadosas para cada unidade habitacional.

### FATORES CLIMÁTICOS

Os elementos climáticos que afetam as condições climáticas sobre a terra, levando em consideração o conforto humano e o desenho da edificação, são: a radiação solar, a radiação refletida para o céu através de ondas longas, a temperatura do ar, a umidade, o vento e a precipitação.

### A RADIAÇÃO SOLAR

Desde a antigüidade o homem encontra-se ligado ao ciclo solar. Os egípcios estudaram o movimento do sol na aplicação em templos e tumbas alinhando-os exatamente com os pontos cardinais. Posteriormente, tornou-se um símbolo e admiti-se ter efeitos terapêuticos e psicológicos. Na arquitetura, torna-se o principal fator na cidade; apresentando severas instruções para o arranjo da mesma, baseadas na qualidade e regularidade dos raios solares.

A radiação solar é uma radiação eletromagnética emitida pelo sol. Compõe o spectrum solar que é dividido em três regiões: a ultravioleta (ondas curtas), a visível e a infravermelha (ondas longas).

A intensidade de radiação que penetra na atmosfera terrestre depende da espessura do ar pelo qual os raios solares penetram; que, por sua vez, varia com o ângulo de inclinação do sol sobre o horizonte ou altura solar e com a altura do ponto em relação ao nível do mar. A altura e direção dos raios solares, as condições de umidade e o grau de nebulosidade variam com a latitude geográfica, a altitude, a época do ano, as características da cobertura terrestre e superfícies aquáticas do ponto de referência.

A quantidade de energia solar que de fato alcança o solo depende do céu com suas respectivas nuvens e da pureza do ar com suas respectivas sujeiras, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e vapor de água. Assim, a luz é espalhada produzindo iluminação mesmo em áreas desprovidas da luz do sol direta.

Dessa forma a sua distribuição é alterada pela absorção, reflexão e dispersão.

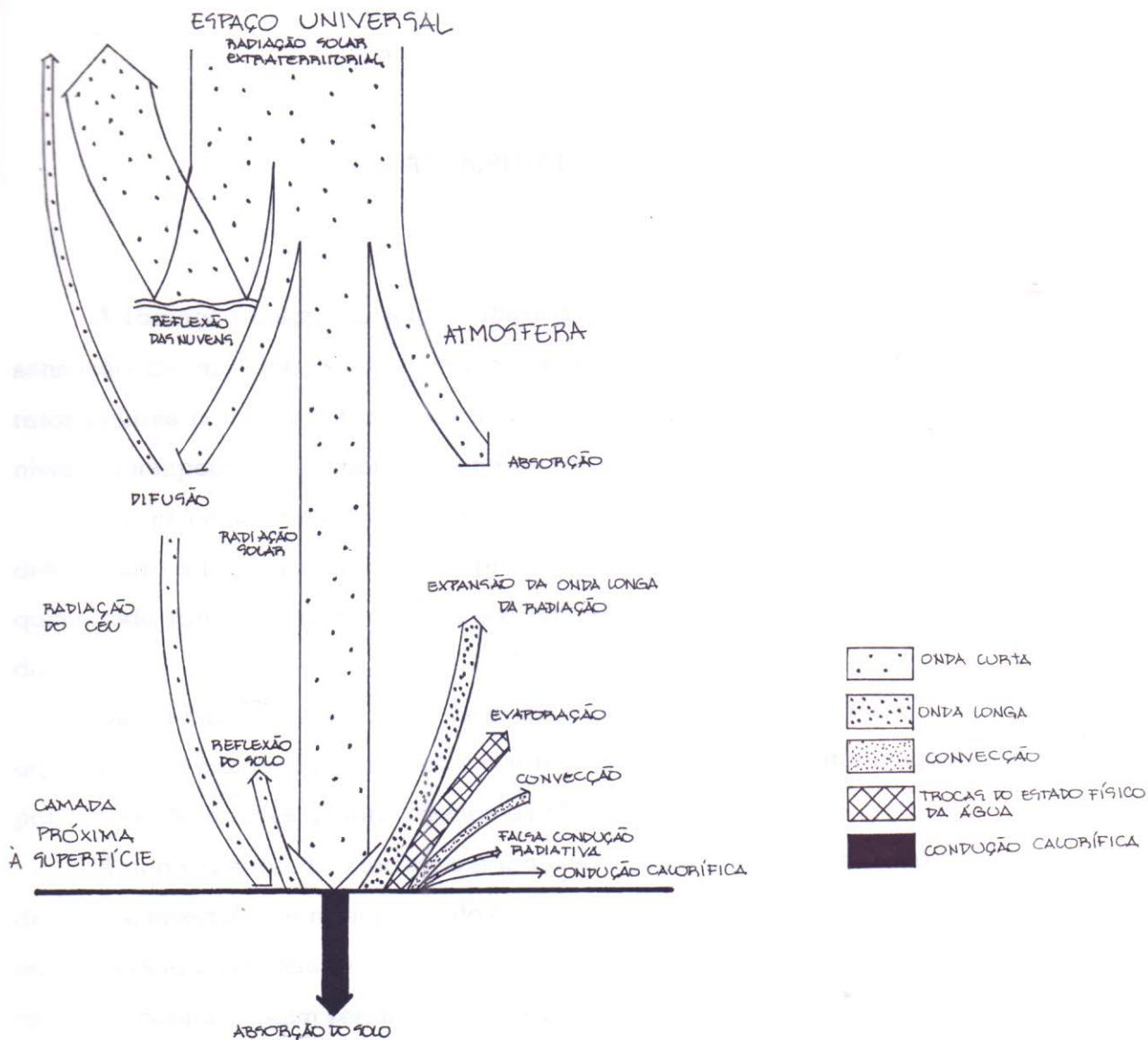
Durante a transferência de calor radiante, a radiação que afeta a edificação pode ser dividida em cinco principais partes:

- radiação direta originária do sol (ondas curtas)
- radiação difusa originária do céu (ondas curtas)
- radiação refletida pela área do terreno (ondas curtas)
- radiação originária do aquecimento da terra e proximidade de objetos (ondas longas)
- radiação eliminada pela troca entre a edificação e o céu (ondas longas).





## TROCA DE CALOR AO MEIO DIA DE UM DIA DE VERÃO



A onda longa de radiação é emitida pela superfície terrestre em todas as direções à atmosfera, através dos gases contidos na mesma, que absorvem e emitem energia radiante. Dos gases atmosféricos, o vapor de água é a principal absorvente; em seguida vem o dióxido de carbono.

A perda líquida de calor radiativo (diferença entre a quantidade de radiação liberada da superfície da terra e a emitida de volta para a terra pela atmosfera) é elevada quando a atmosfera é clara e seca; e decresce quando a quantidade de vapor de água, sujeira e nuvens aumentam porque as partículas de água das nuvens absorvem e emitem toda radiação emitida pela terra, aquecendo a esfera terrestre; pois o calor latente envolvido no vapor de água

produz energia para aquecer o ar sempre que aumentar a quantidade de vapor de água.

## A TEMPERATURA DO AR

A radiação solar e a temperatura do ar agem juntas produzindo uma sensação de calor no corpo humano. Os impactos térmicos causados pelos raios solares combinados com o calor por convecção devem ser mantidos a níveis de temperatura próximos a zona de conforto.

O aquecimento e esfriamento da superfície terrestre é um dos fatores que determinam a temperatura do ar sobre a terra, como o ar é transparente para quase toda radiação solar, ele tem somente um efeito indireto na temperatura do ar.

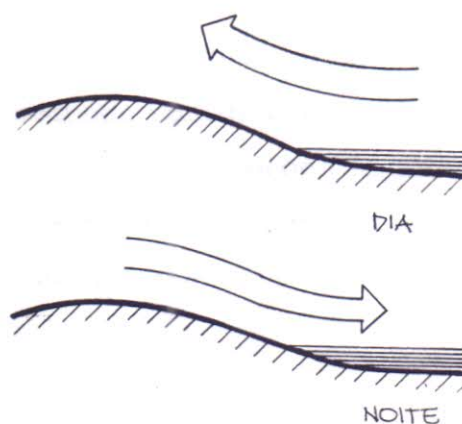
Dessa maneira, a camada de ar em contato direto com a terra quente é aquecida por condução; esse calor é transferido para as camadas superiores por convecção através de turbulências e redemoinhos no ar.

À noite, a superfície terrestre é mais fria que o ar; então, a troca líquida de calor é invertida e o ar em contato com a terra é esfriado. Mas para que haja essa inversão é necessário que as noites sejam longas, o céu claro, o ar seco e os ventos calmos. Assim sendo, os padrões da temperatura do ar dependem das variações térmicas da superfície terrestre.

Enquanto a superfície terrestre se procede dessa forma, as superfícies aquáticas são afetadas mais lentamente sob as mesmas condições de radiação solar. Pois a água possui um calor específico superior ao da terra e, normalmente, é mais fria durante o dia e quente à noite.

Assim, como durante o dia quando a temperatura da terra é mais elevada que das superfícies aquáticas, o ar quente do continente sobe, criando uma zona de baixa pressão; então as correntes baixas de ar frio movem-se em direção à terra causando uma redução aproximada de 6°C. À noite acontece o contrário. Essa redução depende do tamanho da superfície aquática e torna-se mais eficaz quando acontece no sotavento.





Uma mudança na altitude também altera a temperatura do ar, pois quando a massa de ar se eleva, ela move-se de uma zona de alta para baixa pressão se expandindo e esfriando. No entanto, quando ela decresce, a massa de ar é comprimida e aquecida. Observa-se um declínio de  $1^{\circ}\text{C}$  na temperatura à medida que se eleva 100m.

### A UMIDADE ATMOSFÉRICA

A umidade atmosférica se refere ao vapor de água contido na atmosfera. É decorrente da evaporação das superfícies oceânicas, úmidas, vegetação e pequenas superfícies aquáticas; que é carregada e distribuída sobre a superfície terrestre pelos ventos.

Quando o ar contém uma certa quantidade de vapor de água, ele é fresco. À medida que se eleva a umidade relativa, o ar fica saturado. Atingindo o ponto de saturação, a temperatura é conhecida como ponto de condensação.

O esfriamento do ar pode ser obtido por três processos:

- Através do contato com superfícies frias, limitando-se a camadas de ar inferiores. Quando a condensação acontece, o esfriamento toma a forma de orvalho na superfície fria.
- Através da mistura com o ar frio ou com a camada fria mais baixa, que pela perda de radiação das moléculas de vapor, o ar é esfriado abaixo do seu ponto de condensação, formando a neblina.

- Através da expansão da massa de ar fria associada com a elevação de correntes de ar, podendo causar a precipitação. A massa de ar fria se encontra no ponto de condensação, formando nuvens compostas de inúmeras gotas de água que ao encontra-se com o ar quente que continua se elevando, ocorre a precipitação.

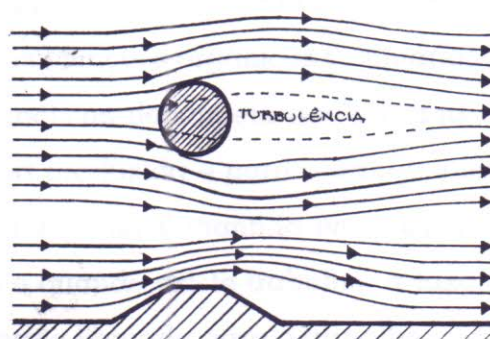
## O VENTO

A distribuição e características dos ventos sobre uma região são determinadas por fatores locais e globais. Os principais determinantes da pressão do ar e ventos são: a distribuição sazonal da pressão do ar, a rotação da terra, a variação diária no aquecimento e esfriamento da terra e do mar e a topografia de cada região e sua redondeza.

O vento é um fator de primordial importância no que diz respeito à implantação de um edifício.

As localizações favoráveis devem ser consideradas, porém quando desfavoráveis pode ser improvisado quebra ventos e superfícies circundantes que induzam reações vantajosas para temperatura e radiação conforme serão mostrados, posteriormente, nos mecanismos de ventilação.

Uma colina provoca modificações na distribuição do vento e precipitação. O fluxo padrão do vento é desviado pela colina tanto no sentido horizontal quanto vertical, causando acréscimo na velocidade próximo ao topo da colina no barlavento e uma pequena turbulência no sotavento.





Os efeitos produzidos pelo vento serão analisados posteriormente; porém já se pode ter uma breve conclusão diante dos aspectos climáticos expostos.

O problema da orientação é composto por muitos fatores: a localização topográfica, os requisitos de privacidade, a paisagem vista, a redução do barulho e os fatores climáticos do vento e radiação solar. Logo, uma das tarefas a ser vencida é posicionar o edifício de maneira que melhor se beneficie do valor do sol tanto para os efeitos térmicos como benefícios higiênicos e psicológicos, diminua os efeitos dos impactos solares e proporcione a evaporação da umidade por brisas, favorecendo o movimento livre do ar.

### EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

Nessa etapa deve-se compreender a fisiologia humana e os efeitos climáticos produzidos no corpo humano. Pois relacionando os fatores climáticos com as respostas fisiológicas e sensoriais ao stress térmico podemos identificar os efeitos biofísicos e interagi-los com os fatores do meio; obtendo um equilíbrio térmico entre o corpo humano e o seu meio.

**redu.** Os fatores humanos que afetam esse equilíbrio são fatores individuais como a atividade, a aclimatização, as roupas etc. e os fatores ambientais como a temperatura do ar, radiação, umidade e movimento do ar.

**proc.** O corpo produz energia pelo processo de metabolismo, que é o processo pelo qual a comida ingerida é combinada com o oxigênio, produzindo a energia requerida para diversas funções orgânicas voluntárias e involuntárias.

As taxas metabólicas dependem das atividades executadas pelo corpo, onde parte da energia produzida é para o trabalho mecânico e a outra parte é transformada em calor. O nível mantido em posição de repouso se refere ao metabolismo básico e quando existe trabalho, a taxa metabólica é aumentada de acordo com a energia liberada para o trabalho.

A produção de calor interno deve balancear perdas e ganhos de calor com o meio. Quando esse balanço encontra-se estabilizado, a temperatura interna do corpo será mantida. Enquanto não concluído, a temperatura se eleva ou cai, bem como a perda de calor é maior ou menor que a produção de calor, até a estabilização ser concluída ou o corpo entrar em colapso.

A troca de calor entre o corpo e ambiente pode realizar-se por convecção com o ar e radiação com as superfícies circunvizinhas; podendo haver perda ou ganho de calor dependendo se o meio é mais frio ou quente que a superfície do corpo. Essas trocas são conduzidas por leis físicas; porém os mecanismos fisiológicos, como a taxa de distribuição e fluxo de sangue, o nível metabólico, a taxa de suor e a adaptação das roupas ao meio, permitem ao corpo regular as taxas de produção de calor e os métodos de perda de calor, mantendo o equilíbrio.

A troca de calor por convecção depende da velocidade, temperatura do ar e da pele. Enquanto a troca por radiação depende da temperatura da pele e das superfícies circunvizinhas.

Assim sendo, a troca de calor seco, que é a combinação entre a troca de calor do corpo com o ar por convecção e radiação, dependerá da velocidade do vento, temperatura do ar e média da temperatura radiante.

Caso o corpo humano esteja vestido, os coeficientes de troca irão variar com o tipo de roupas (seminu, roupas leves de verão e fardamento completo); pois reduzem a velocidade do ar e incrementam a umidade sobre a pele, reduzindo o potencial evaporativo para o corpo. Já que, a maior parte da troca de calor atinge a superfície externa da roupa, afetando indiretamente o corpo.

Como veremos a seguir, o corpo também troca calor com o meio pelos processos de condução e evaporação.

A eficiência física da evaporação do suor (eficiência de esfriamento do suor) depende da taxa e local do processo da evaporação.

Pois quando a evaporação é mais rápida que a secreção de suor, o processo evaporativo acontece na superfície da pele ou mesmo dentro dos poros. Nesse caso, quase todo o calor latente de vaporização é puxado do corpo; sendo mais provável a evaporação por condução do fluxo de calor para o ar externo que da pele para uma fina camada superficial líquida.



Caso seja formada uma espessa camada líquida na superfície da pele, a eficiência da evaporação é reduzida e somente uma certa quantidade de calor pode ser puxada para o ar. Se a quantidade de suor for maior que a evaporação, o suor será transferido para as roupas aonde a evaporação será processada.

Assim, a razão entre a quantidade de suor evaporado e a capacidade máxima evaporativa do ar é o fator determinante da taxa e local da evaporação. Quando essa relação é incrementada, a superfície de evaporação se distancia da superfície da pele e a eficiência de esfriamento diminui.

O meio ambiente físico consiste na relação complexa de muitos elementos como: a luz, o som, o clima, o espaço e o ser vivo; todos agindo de maneira direta sobre o corpo humano cujo poderá absorvê-los ou tentar contrapor-se aos seus efeitos. As reações fisiológicas e sensoriais são respostas a essa luta por um equilíbrio biológico.

Segundo Givoni, o homem pode controlar a perda e produção de calor do corpo através da regulação de vários sistemas fisiológicos e padrões comportamentais; dentro de uma série de condições climáticas, visando a melhor resistência física e atividade mental.

Dessa maneira, o stress térmico será manifestado através de respostas fisiológicas e sensoriais que refletem o esforço adicional no corpo para manter o balanço térmico inferior às condições de stress.

Essas respostas são afetadas pelas modificações nas condições ambientais, que podem estimular e animar as atividades humanas bem como depreciar os esforços físicos e mentais; e pelo nível de atividade física.

São mecanismos termoreguladores utilizados para ajustar a taxa de perda de calor para variações térmicas do meio externo; isto é, a energia é diminuída ou aumentada pelo esforço biológico de adaptar-se às condições extremas, incluindo a própria evolução subjetiva do meio térmico.

As principais respostas fisiológicas são:

- A regulação do fluxo de sangue na camada subcutânea do corpo.

A condutância térmica subcutânea; ou seja, a transferência do fluxo total de calor do núcleo do corpo para a pele, é baixa em ambientes frios porque produz uma pequena quantidade de calor, consequentemente, reduz a temperatura da pele. Logo, a perda de calor da pele para o meio é reduzida. Em condições quentes é elevada porque grande quantidade de calor é transferida, aumentando a temperatura da pele.

- A regulação do esfriamento evaporativo pelo suor.

A evaporação do corpo pode ser feita pela perda passiva de águas dos pulmões e da pele ou pela perda ativa do suor secretado pelas glândulas sudoríparas.

A perda de água dos pulmões depende do vapor de pressão do ambiente e da taxa de respiração que, por sua vez, depende da taxa metabólica e oxigênio necessário. Em conjunto com a perda de água pela pele, anteriormente analisada, compõem a transpiração insensível.

O suor ativo inicia-se quando a perda de calor seco por convecção e radiação excede a perda por transmissão insensível; estimulando as glândulas para eliminarem suas secreções.

Torna-se perceptível durante o trabalho quando grande quantidade de água é removida do corpo pela secreção de suor; provocando uma diminuição na circulação do volume de sangue, consequentemente, reduz a quantidade de calor transferida do interior do corpo para a pele, elevando a temperatura do corpo. Essa elevação excessiva pode ser prevenida através de métodos que envolvem as condições ambientais, vestuário e taxa metabólica.

- A troca entre a temperatura interna do corpo e da pele.

A temperatura do corpo é uma resposta passiva às condições de excessivo calor, principalmente metabólico. É determinada pela taxa de calor produzido ou pela atuação recíproca entre as taxas de calor transferidas do núcleo do corpo para a pele e da pele para o meio.



Durante uma atividade física, a temperatura do corpo se eleva como um resultado do aumento da produção de calor metabólico e se estabiliza em um novo nível; dependendo da taxa metabólica e da eficiência de esfriamento do suor.

- A média da temperatura da pele.

A temperatura da pele não é constante, varia de acordo com as trocas nas condições ambientais, podendo ser aproximada a 35°C.

Afeta a troca de calor entre o corpo humano e o meio de duas maneiras: modificando a troca de calor seco através da convecção e radiação, e determinando a capacidade evaporativa do corpo. É determinada pelo equilíbrio do fluxo de calor do fluxo do corpo para a pele e da perda de calor da pele para o meio ambiente.

Estudos realizados por pesquisadores concluíram que a temperatura da pele quase não é afetada pela umidade, mas depende da velocidade e temperatura do ar (termômetro de bulbo seco). Por outro lado, elevadas temperaturas têm demonstrado uma importância no termômetro de bulbo úmido.

Essa contradição se deve a diferença apresentada na pele úmida em duas condições:

1. confortável, onde a pele está seca e a taxa de esfriamento evaporativo é limitada pela taxa de secreção de suor e não pela capacidade evaporativa do ar, dependendo somente da força de esfriamento e não sendo afetada pela umidade.
2. e de elevada temperatura e umidade, onde a pele está completamente úmida e a taxa de evaporação e esfriamento dependem da capacidade evaporativa do ar e não da taxa de secreção de suor. Nesse caso, a temperatura da pele se estabiliza a um nível que depende do balanço entre: o suprimento de calor do metabolismo, o ganho de calor convectivo e radiativo e a perda de calor através da evaporação. E a temperatura de bulbo úmido torna-se o fator principal no qual a temperatura da pele depende.

Com um incremento na velocidade do ar, a temperatura da pele se aproxima da temperatura do ar e a expondo à radiação, ela se eleva. Assim, a temperatura média da pele pode ser estimada em função das temperaturas

secas e úmidas, velocidade do ar e média da temperatura radiante da redondeza.

As respostas sensoriais subjetivas dependem da própria evolução do homem exposto a dado meio; portanto varia com as diferenças individuais e também com o mesmo indivíduo em horas diferentes. São elas:

- A sensação térmica.

Refere-se a percepção de um meio quente ou frio, através de uma atividade neural originária no fim dos nervos que agem como termoreceptores. Assim, em exposições de frio, os receptores frios são mais ativados dando uma sensação de frio. O mesmo acontece em relação ao calor.

O conforto térmico pode ser definido em uma sensação negativa através dos efeitos negativos do clima sobre o homem como as situações de stress, apresentando irritação e desconforto devido ao calor ou frio. Ou em uma sensação positiva como um estado agradável em que a produtividade humana, saúde, energia física e mental atingem elevada eficiência. Contudo tais sensações devem ser combinadas através da definição das condições térmicas e climáticas desejáveis ou indesejáveis.

Essas sensações térmicas estão presentes na zona de conforto que tem como limites uma base fisiológica, onde os mecanismos termoreguladores do corpo trabalham em um estado de atividade mínima. Isso porque o homem busca um ponto onde dispõe o mínimo de energia necessária para ajustar-se ao ambiente e mesmo em condições inferiores obtenha sucesso.

Para um corpo manter um conforto térmico, as condições térmicas internas não precisam ser mantidas, constantemente em um nível preciso; pois, os sistemas termoregulatórios são capazes de alcançar o conforto com uma dada zona de condições.

Mesmo que hajam insignificantes flutuações nas condições internas como temperatura e velocidade do ar; tais flutuações tornam-se importantes porque evitam um sentimento monótono e têm efeito vigorativo. Incrementando a eficiência dos mecanismos termoreguladores, principalmente, o sistema vasomotor e a sensibilidade dos termoreceptores do sistema nervoso.



O conforto térmico não pode ser confundido com o balanço térmico. Esse embora essencial para o conforto pode ser realizado em condições de desconforto através da ativação dos mecanismos termoreguladores.

- A transpiração sensível.

É aplicada para as condições quentes da zona de conforto em específicas combinações de temperatura, umidade, velocidade do ar e taxa metabólica. Definindo o limite inferior quando a pele é inteiramente seca e o superior quando o corpo e roupas estão encharcados de suor.

Logo, pode-se dizer que a transpiração sensível é uma resposta dependente da umidade e velocidade do ar; pois se eleva com o aumento na umidade e sofre redução com o incremento na velocidade do ar.

Tendo-se como base os fatores climáticos relacionados às respostas fisiológicas e sensoriais podemos concluir:

- O corpo responde à elevação da temperatura do meio com uma elevação da temperatura da pele e taxa de suor, dependendo do vapor de pressão (nível de umidade) e velocidade do ar. Enquanto, subjetivamente, a troca de temperatura no meio altera o sentimento de calor (sensação térmica). Assim, quando o nível de umidade é elevado e a velocidade do ar baixa, aumenta o sentimento de pele úmida (transpiração sensível) com a temperatura do meio, mas sob condições de baixa umidade e alta velocidade do ar, a pele pode permanecer seca mesmo em altas temperaturas.
- A umidade do ar não afeta diretamente a quantidade de calor no corpo, mas determina a capacidade evaporativa do ar e a eficiência de esfriamento do suor.
- A capacidade evaporativa do ar que é determinada pela diferença entre o vapor de pressão da pele e do ar depende: da temperatura da pele sob as condições confortável (o valor do vapor de pressão da pele é 37 mm Hg com temperatura da pele igual a 33°C), moderado calor (vapor de pressão igual a 42 mm Hg e temperatura a 35°C) e severo calor (vapor de pressão igual a 47 mm Hg e temperatura 37°C); e do vapor de pressão do ar.

- O efeito do vapor de pressão do ar; ou seja, a quantidade variável de vapor de água contido na atmosfera, está relacionado com a umidade da pele. Enquanto a pele estiver seca, a taxa de secreção de suor e a evaporação dependerão da produção de calor metabólico e da troca de calor seco; nesse caso, o suor é evaporado nos poros e as variações na umidade do ar não afetam o corpo humano. Mas, quando a razão entre a taxa de produção de suor e a capacidade evaporativa do ar atinge um valor no qual o suor não pode ser totalmente evaporado, uma camada líquida é formada na superfície da pele; nessa situação a taxa de evaporação é igual a de secreção de suor, porém dá origem ao desconforto causado pela sensação de pele úmida.
- Com a temperatura do ar superior a  $25^{\circ}\text{C}$ , a umidade influencia nas respostas fisiológicas e sensoriais, intensificando os efeitos de pele úmida e temperatura da pele; e com altas temperaturas, a taxa de suor. Porém aumentando a velocidade do ar, o efeito da umidade diminui na mesma proporção. Mas se o nível de calor e umidade forem muito elevados, a camada superior da pele não consegue manter a taxa de transferência de água do interior do corpo para o meio.
- A velocidade e temperatura do ar afetam o corpo humano pela troca de calor convectivo, pois a convecção está em função da força da velocidade sobre a diferença de temperatura entre a pele e o ar; e pela capacidade evaporativa do ar, pois um incremento na velocidade do ar eleva a capacidade evaporativa, compensando o efeito de alta umidade.
- A troca de calor convectivo e a capacidade evaporativa do ar trabalham na mesma direção quando a temperatura do ar é inferior a da pele, pois um incremento na velocidade do ar sempre produz um efeito de esfriamento. Trabalham em direções opostas quando ocorre o inverso pois se de um lado, o incremento na velocidade do ar provoca uma elevada troca de calor convectivo e aquecimento do corpo; por outro lado, aumenta a capacidade evaporativa, conseqüentemente, a eficiência de esfriamento, reduzindo a taxa de suor e o desconforto devido a pele úmida.



- As roupas formam uma barreira para a troca de calor convectivo e radiativo entre o corpo e o meio, interferem no processo de evaporação do suor e reduzem a sensibilidade do corpo para variações na temperatura e velocidade do ar. Com temperaturas do ar inferiores a  $35^{\circ}\text{C}$ , a taxa de perda de calor seco do corpo é reduzida, produzindo um aquecimento. Quando superiores a  $35^{\circ}\text{C}$ , reduzem o ganho de calor seco do meio, mas incrementam a umidade e reduzem a velocidade do ar sobre a pele, reduzindo a eficiência de esfriamento da evaporação. Ambas situações dependem da taxa metabólica, umidade e movimento do ar.
- Os efeitos térmicos produzidos pela radiação solar são devidos aos raios visíveis e infravermelho, dependem da postura do corpo em relação ao sol; visto que, o corpo é mais atingido na posição em pé; das roupas; da reflectividade do terreno circundante porque determinada quantidade de ondas curtas da radiação solar que atingem o corpo através das suas reflexões pela superfície terrestre; e por último, da velocidade do vento, reduzindo o ganho de calor.
- Elevando-se a taxa metabólica, mais oxigênio é requerido para o trabalho muscular e maiores quantidades de calor têm que ser transferidas do núcleo do corpo para a pele e dissipadas para o meio externo. Consequentemente ocorre uma elevação na temperatura da pele.

O relacionamento dos elementos climáticos com os fatores fisiológicos e sensoriais deram origem a elaboração de uma carta bioclimática que definisse uma zona de conforto humano, ou seja, uma zona ideal, onde são combinados os efeitos da temperatura, umidade e movimento do ar.

O perímetro da zona de conforto representa as condições nas quais não se experimenta uma sensação de desconforto. A zona de conforto é trabalhada com velocidades do ar inferiores a  $0,10\text{ m/s}$ . As velocidades mostradas no gráfico significam a velocidade do vento que, teoricamente, seria necessária para restaurar o conforto quando a temperatura e umidade estiverem fora da zona de conforto. Assim, o impacto da velocidade no homem quando for inferior a  $0,25\text{ m/s}$  quase não é notado, um acréscimo de  $0,25$  a  $0,51\text{ m/s}$  provoca uma sensação agradável, de  $0,51$  a  $1,01\text{ m/s}$  torna-se bastante agradável ao homem, porém causa uma constante percepção do movimento do ar, acima desses

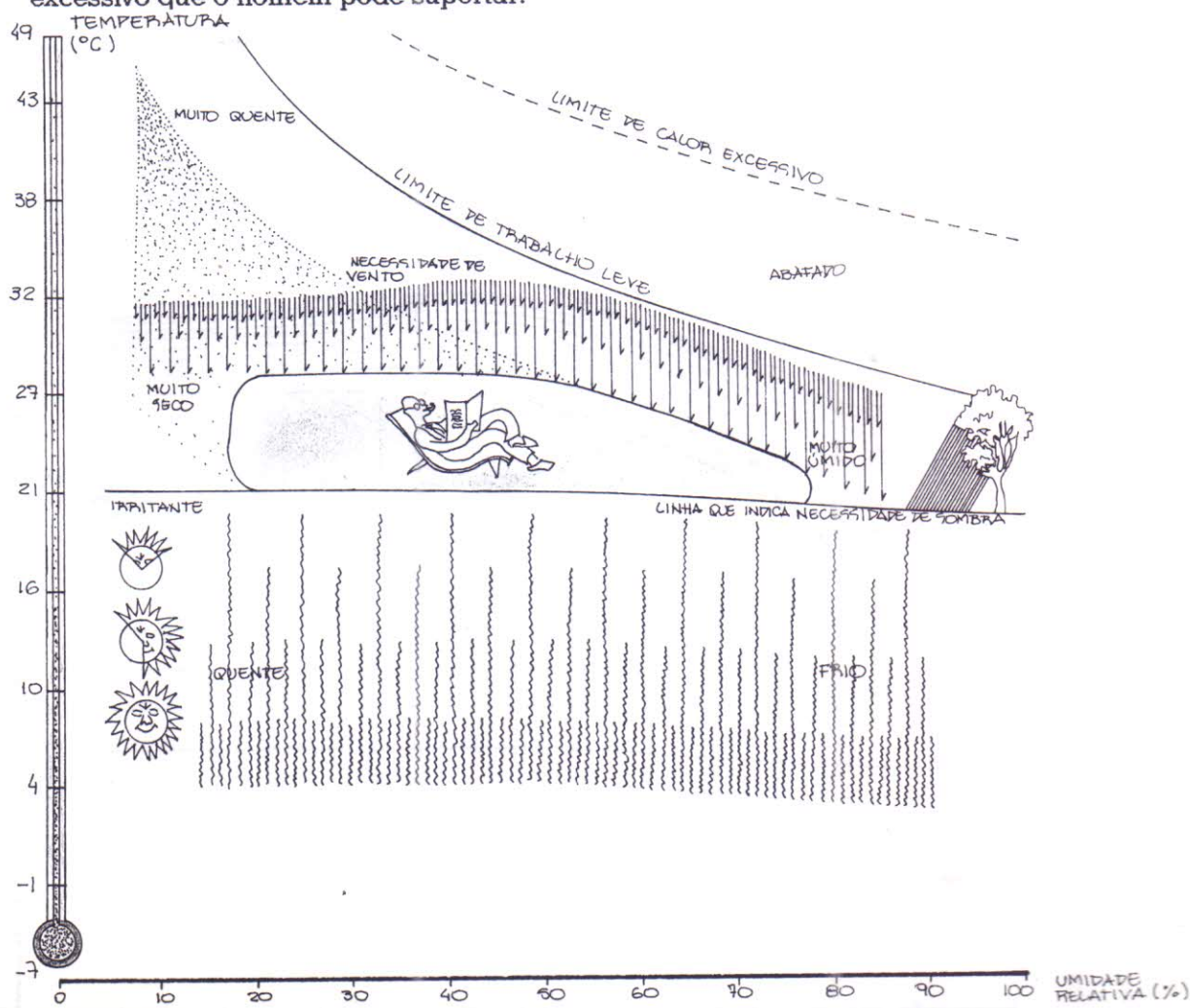


valores, é necessária uma correta mensuração para que o trabalho e a saúde se mantenham em elevada eficiência.

A evaporação do aumento da umidade também reduz a temperatura a cada intervalo de ar correspondente a 5 gr de umidade por 1 libra de ar, restaurando a temperatura de conforto para a linha fora do limite da zona de conforto.

Essas curvas indicam uma correção natural para recuperar o sentimento de conforto em qualquer ponto fora da zona de conforto. Dessa maneira, pode-se entendê-la da seguinte forma: se um ponto se localizar acima do limite da zona de conforto, é necessário ventilação para restaurá-lo à zona; se a temperatura é elevada e a umidade relativa baixa, o ar ficará muito seco e quente, nesse caso, a influência do vento é muito pequena, sendo necessária a evaporação através de superfícies aquáticas, árvores, etc.

A linha de calor excessivo representa o limite superior de calor que cada homem pode suportar. A correspondente ao limite inferior da zona de conforto indica o ponto onde é necessário a utilização de sombras, abaixo dela é necessário radiação solar. A linha pontilhada inferior indica o limite de frio excessivo que o homem pode suportar.





Fazendo-se uma leitura da carta pode-se dizer:

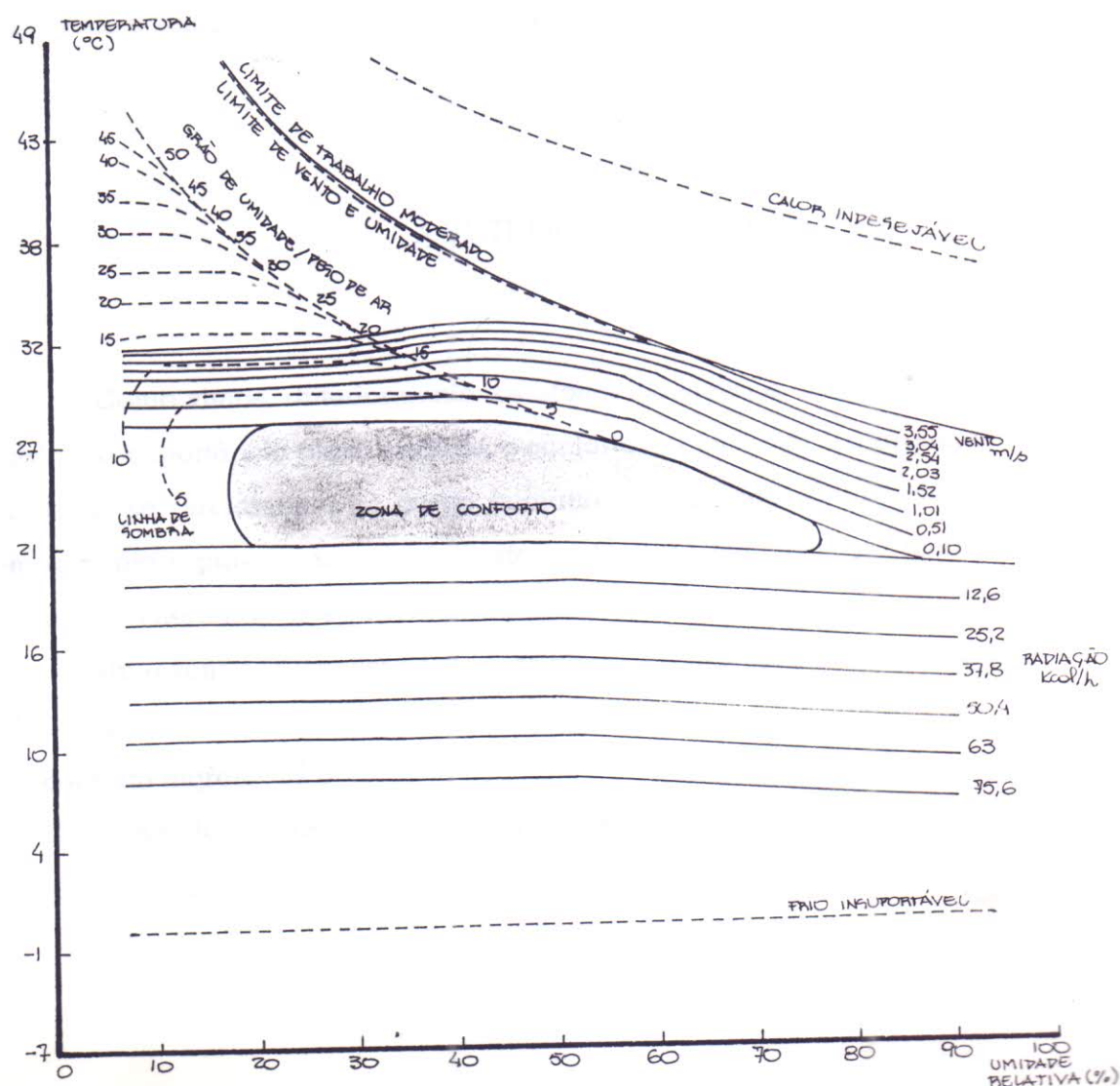
Com temperatura igual a  $24^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa 50%, não será necessário nenhuma correção pois o ponto está dentro da zona de conforto.

Mantendo a temperatura e elevando a umidade relativa para 70%, será necessário 1,42 m/s de vento para contrapor-se ao vapor de pressão.

Reduzindo a temperatura para  $10^{\circ}\text{C}$  e a umidade para 56%, será necessário 65,5 kcal de radiação solar.

Elevando a temperatura para  $30^{\circ}\text{C}$  e reduzindo a umidade para 30%, será necessário para restaurar a zona de conforto: 1,52 m/s de vento e um esfriamento evaporativo obtido pela evaporação de 8 gr de umidade/libra de ar.

Elevando, novamente, a temperatura para  $35^{\circ}\text{C}$  e reduzindo a umidade ainda mais para 20%, o vento sozinho não é suficiente para restaurar a sensação de conforto; mesmo com 3,55 m/s de vento ainda será necessário 9 gr de umidade/lb de ar, mas pode-se reduzir a temperatura através do esfriamento evaporativo, acrescentando-se 22 gr de umidade/libra de ar.



## SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS

As soluções tecnológicas compõem um conjunto de elementos que combinados equilibram a edificação e influenciam na localização, orientação e forma das edificações. Alguns desses elementos são: a ventilação natural e o movimento do ar, a iluminação natural e os gráficos solares, o balanço da temperatura do ar interno através da aplicação cuidadosa dos materiais de construção e, tradicionalmente, a utilização da vegetação.

Os elementos climáticos em que se baseiam as soluções tecnológicas estão relacionados com as principais fases do projeto como: o sol com as orientações das fachadas e necessidades de proteção, as temperaturas com os sistemas de construção e os ventos com a orientação das fachadas, dimensão dos vãos e ventilação interior necessária.

### A VENTILAÇÃO NATURAL

Como vimos, anteriormente, os efeitos do vento e do fluxo de ar são de extrema importância para: a saúde, o conforto, o bem-estar e a arquitetura. Pois refletem-se diretamente no corpo humano através dos efeitos fisiológicos do movimento e pureza do ar e, indiretamente, pela influência na temperatura e umidade interna do ar e superfícies.

Uma ventilação satisfatória deve atender a três exigências distintas:

1. saúde,
2. conforto higrotérmico,
3. durabilidade dos materiais e componentes.



## PRIMEIRA EXIGÊNCIA: VENTILAÇÃO VISANDO A SAÚDE

A ventilação tem como função:

1. prover a quantidade de oxigênio ( $O_2$ ) necessária à respiração,
2. reduzir a concentração de dióxido de carbono ( $CO_2$ ),
3. eliminar os riscos de contaminação de gases tóxicos, como o monóxido de carbono (CO),
4. remover odores do corpo humano e outros odores.

O ar externo contém em média: 21% de oxigênio + 0,03 a 0,04% de dióxido de carbono + 78% de nitrogênio + 1% de gases inertes (principalmente o argônio) + 5 a 25 gramas de vapor de água por  $m^3$  de ar. Essa composição e a qualidade do ar são modificadas pelo processo de vivência do ser humano através da eliminação de  $CO_2$  e vapor de água pelos pulmões, de bactérias pela respiração, fumaça de cigarro, odor produzido por material orgânico etc.

O ar expirado contém: 16,3% de oxigênio + 4% de dióxido de carbono + 79,7% de nitrogênio + outros gases descarregados pelo corpo (principalmente a amônia) + 45 gramas de vapor de água por  $m^3$  de ar, com o ar saturado a 23 °C.

O oxigênio necessário depende do nível metabólico (tabela A, em anexo). Cada litro de oxigênio inalado contém em média 5 kcal, isso significa dizer que o oxigênio requerido (litro/hora/homem)  $\cong$  1/5 da taxa metabólica (kcal/h). Somente (21 - 16,3%) ou seja 4,7% de  $O_2$  do ar torna-se suprimento de ar, podendo-se deduzir que será necessário  $21\%/4,7\%$  de  $O_2 = 4,25\%$  vezes a taxa metabólica (kcal/h) como suprimento do corpo humano.

A quantidade de  $CO_2$  liberada pelo corpo é proporcional a taxa metabólica, resultando uma taxa volumétrica (litro/hora/pessoa) igual a aproximadamente 0,17 vezes a taxa metabólica (kcal/h). Levando-se em consideração que além do  $CO_2$  existem outros elementos no ar prejudiciais à saúde, foram adotados como concentração máxima de  $CO_2$  , 0,1% na França e 0,5% nos EUA.

Observando-se que a taxa de  $O_2$  recomendada é inferior à de  $CO_2$  pode-se considerar que atendendo à exigência de ventilação para garantir a taxa de  $CO_2$  recomendada fica automaticamente atendida a exigência de ventilação para garantir o volume mínimo de  $O_2$  destinado à respiração.

Assim, o volume de ar fresco requerido por pessoa para manter uma concentração de  $CO_2$  abaixo de 0,5% dentro de uma edificação é dado pela fórmula:

$$Q = \frac{q \times 100}{(0,5 - 0,05) \times 1000} = \frac{q}{4,5} \text{ (m}^3\text{/h/pessoa) e } q = 0,17 \times M \text{ (l/h); onde:}$$

Q é o volume de ar fresco requerido por pessoa ( $m^3/h$ )

q é a taxa volumétrica produzida por pessoa (l/h)

M é a taxa metabólica (kcal/h)

Para satisfazer as exigências de saúde para o nível mínimo de odor, a ventilação envolve maior suprimento de ar.

No comportamento do odor pode-se fazer uma distinção entre os aspectos quantitativo e qualitativo (ofensivo). Neste caso, a taxa de renovação de ar deve levar em conta: o odor do corpo, fumaça de cigarros e o odor exalado por fontes internas como a cozinha. A quantidade de ar requerida varia de acordo com o padrão social de aceitabilidade, o número de ocupantes, seus hábitos e limpeza e fumaça de cigarro.

O número de ocupantes no ambiente determina o suprimento de ar por pessoa (volume/pessoa) para manter o nível de odor corporal sob controle.

A presença ou não de fumantes é importante pois existe uma diferença entre o odor corporal e o do cigarro em seus desaparecimentos espontâneos. Enquanto o odor corporal é instável e desaparece com o tempo, mesmo não havendo troca de ar, pois com 5 minutos deixa de se tornar tão desagradável. O odor da fumaça é estável e mesmo com 6 a 7 horas, os materiais químicos apresentam imperceptível redução, sendo necessário aproximadamente de 17 a 48 horas para que o odor da fumaça se dissipe por completo, ainda dependendo do número de fumantes.



O cálculo da quantidade de ventilação requerida é importante, principalmente, para cozinhas, banheiros e lavatórios. Considerando, as taxas de emissão e ventilação constantes e os ambientes ocupados por muito tempo, o volume de ar fresco requerido pode ser computado a partir da concentração de gás permissível:

$$Q = \frac{q'}{C}; \text{ onde:}$$

$Q$  é o volume de ar fresco requerido por pessoa ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$q'$  é a taxa de emissão ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) =  $q'/1000$

$C$  é a concentração de gás (%)

Como o ar externo contém alguns gases que devem ser eliminados, a equação passa a ser:

$$Q = \frac{q'}{C_i - C_o}; \text{ onde:}$$

$C_i$  é a concentração interna de  $\text{CO}_2$  permissível, admite-se o máximo de 0,2%

$C_o$  é a concentração externa de  $\text{CO}_2$  permissível, máxima de 0,05%

No caso de toilets com permanente ventilação, o volume mínimo de ar fresco requerido por pessoa pode ter como base a redução de 0,1 do máximo de concentração; ou seja, 10 minutos (1 hora/6) depois de usar a concentração. Assim:

$$Q = \exp(-1/6 q'/V); \text{ onde: } V \text{ é o volume do ambiente (m}^3\text{)}$$

O número de trocas de ar por hora ( $\eta$ ) é obtido pela divisão do volume de ar fresco requerido pelo volume do ambiente.

Quanto à produção de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), raramente gerados no interior dos ambientes através de sistemas de aquecimento por queima de combustível; deve-se remover o gás contaminante através de dutos de ventilação (chaminés), adequadamente posicionados e dimensionados.

Os valores do volume de ar fresco requerido para a saúde não precisam ser levados tanto em consideração visto que a taxa necessária ao conforto higrotérmico ultrapassa esses valores.

## SEGUNDA EXIGÊNCIA: VENTILAÇÃO VISANDO O CONFORTO TÉRMICO

Nessa exigência a ventilação tem como função :

- remover o excesso de calor acumulado no interior da habitação,
- facilitar as trocas térmicas entre o corpo humano e o meio para produzir uma sensação de conforto e
- resfriar a estrutura do edifício e seus componentes, evitando o aquecimento do ar interior.

Os efeitos físicos, fisiológicos e sensoriais do movimento do ar são considerados, sob o ponto de vista de requisitos quantitativos, para o conforto térmico.

O calor acumulado no interior da habitação se deve a fontes internas, como a produção de calor pelo corpo e equipamentos domésticos, e ao ganho de carga térmica pela radiação solar.

No cálculo do volume de ar fresco requerido para remover uma dada carga térmica acumulada nos ambientes, deve-se levar em conta a diferença de temperatura entre o ar externo e interno que se deseja alcançar. Essa diferença influenciará no dimensionamento das aberturas pois dessa forma a ventilação deve ser tal que permita a temperatura do ar interior não ultrapassar essa diferença acima da temperatura exterior, evitando que a temperatura interna se torne mais elevada que a externa.

Logo a vazão ou fluxo de ar exigido está em função da carga térmica acumulada no interior da habitação; mas como a velocidade do ar interno depende da geometria do espaço e da localização das aberturas; de maneira que permitam ao ar percorrer um maior caminho e circular por todo o ambiente.

O acúmulo dessa carga térmica depende da radiação solar da região, da orientação do edifício em relação à direção do vento, da temperatura do ar



externo e interno, do número de pessoas e atividades físicas desenvolvidas no ambiente.

Uma das maneiras de se calcular o volume de ar fresco requerido é através do I.T.S. (Index of Thermal Stress) descrito por Givoni. É um parâmetro que expressa uma combinação dos efeitos dos fatores climáticos do meio com as respostas fisiológicas e sensoriais do corpo humano, através de um modelo biofísico.

O I. T. S. é adequado para análises das contribuições individuais do metabolismo e fatores do meio ambiente, e também para prever o esforço físico imposto no repouso e trabalho. É assegurado para uma série de condições contidas entre o conforto e o stress térmico, além desses limites, ele não pode ser aplicado.

Baseia-se na suposição que, dentro de uma série de condições onde o I.T.S. tem possibilidade de manter o equilíbrio térmico, o suor é secretado a uma taxa suficiente para concluir o esfriamento evaporativo requerido para balancear a produção de calor metabólico e a troca de calor com o meio. Essa relação entre a secreção de suor e o esfriamento evaporativo depende da eficiência de esfriamento do suor cuja será analisada posteriormente.

A série de fatores conduzidos pelo I. T. S. são:

- temperatura interna do ar seco: 20 - 55 °C,
- temperatura interna do ar úmido: 15 - 35 °C,
- vapor de pressão do ar: 5 - 40 mmHg
- velocidade interna do ar: 0,10 - 3,5 m/s
- radiação solar: série total 600 kcal/h
- taxa metabólica: 100 - 600 kcal/h
- vestuário: seminu, roupas leves de verão, fardamento completo

A fórmula geral do Index of Thermal Stress (I. T. S.) é:

$$S = [(M - W) \pm C \pm R] \times (1/f)$$

onde:

S é a taxa de suor requerida (kcal/h)

M é a taxa metabólica (kcal/h)



W é a energia metabólica transformada em trabalho mecânico (kcal/h)

C é a troca de calor convectivo (kcal/h)

R é a carga de calor da radiação solar (kcal/h)

f é a eficiência de esfriamento do suor.

A expressão  $M - W$  corresponde a produção de calor metabólico e é encontrada pela fórmula:

$$M - W = M - 0,2 \times (M - 100)$$

Quando o metabolismo está no nível de repouso, a produção de calor metabólico é igual a taxa metabólica que pode ser encontrada na TABELA A, em anexo.

A troca de calor convectivo ou troca de calor seco em um meio homogêneo é encontrada pela fórmula:

$$C = \alpha V^{0,3(t_a - 35)}$$

onde:

$\alpha$  é um coeficiente que depende do tipo de roupa TABELA B, em anexo

V é a velocidade do ar interno em m/s. É encontrada em função da direção e velocidade do vento exterior.

$t_a$  é a temperatura do ar interno em °C. Quando inferior a temperatura da pele, 35 °C, a troca de calor convectivo será negativa; isso significa dizer que por convecção ocorre um aumento de conforto pela passagem de uma pequena diferença de temperatura entre o corpo e o meio devido ao efeito de esfriamento. Caso a temperatura do ar seja igual a temperatura da pele, a troca de calor convectivo não influencia na taxa de suor requerida. Quando a temperatura do ar atinge um nível superior a 35 °C, ocorre um ganho de calor convectivo e o efeito de esfriamento passam a depender do nível de umidade, taxa metabólica e vestuário.

A carga de calor radiante devido a radiação solar segue a fórmula:

p é um coeficiente

V é a velocidade do ar

$$R = I_N K_{PC} K_{Cl} [1 - \alpha(V^{0,2} - 0,88)] \text{ onde:}$$



$R$  é a carga de calor devida à radiação solar (kcal/h)

$I_{\text{N}}$  é a intensidade solar normal (kcal/h) encontra-se através da TABELA C, em anexo

$K_{\text{PC}}$  é um coeficiente que depende da postura e do terreno (TABELA D, em anexo)

$K_{\text{CI}}$  e  $a$  são coeficientes dependentes das roupas (TABELA B, em anexo)

$V$  é a velocidade interna do ar (m/s)

Observa-se que à medida que se eleva a velocidade do ar, reduz-se a carga de calor radiante.

Admite-se que a área do corpo é mais afetada pela radiação solar quando ele se encontra na posição em pé conforme foi visto no relacionamento dos fatores do meio com as respostas fisiológicas e sensoriais.

A eficiência de esfriamento do suor é a relação entre o esfriamento produzido pela evaporação do suor sobre o calor latente do suor secretado. Onde existe uma redução na eficiência de esfriamento do suor, o corpo secreta suor a uma taxa superior a taxa equivalente para o calor latente do esfriamento requerido, reduzindo o esfriamento produzido pela evaporação do suor, a fim de obter o necessário esfriamento apesar de reduzida eficiência.

Dessa forma, a eficiência de esfriamento do suor, como já foi visto, depende do processo de evaporação, que por sua vez depende da razão entre a carga total de calor sobre a capacidade máxima evaporativa do ar.

O coeficiente cujo valor da carga total de calor é multiplicado para dar a taxa de suor requerida é dado pela expressão:

$$1/f = e^{0,6(E/E_{\text{max}} - 0,12)} \quad \text{onde:}$$

$$E = (M - W) \pm C \pm R \quad \text{e} \quad E_{\text{max}} = pV^{0,3} (42 - VP_a) \quad \text{onde:}$$

$E$  é a carga total de calor (kcal/h)

$E_{\text{max}}$  é a capacidade máxima evaporativa do ar (kcal/h)

$p$  é um coeficiente dependente das roupas (TABELA B, em anexo)

$V$  é a velocidade do ar interno (m/s)

42 é o vapor de pressão da pele à 35 °C (mmHg)

$VP_a$  é o valor de pressão do ar (mmHg) TABELA E

Assim aumentando a eficiência de esfriamento do suor, reduz-se a taxa de suor requerida; ou seja, que deve ser removida, diminuindo, conseqüentemente, o volume de ar fresco requerido por pessoa.

O limite inferior de  $1/f$  é mantido em 10, enquanto a razão  $E/E_{max}$  for inferior a 0,12. O limite máximo de  $1/f$  é 3,5 e é completado quando  $E/E_{max}$  alcança 2,15 em diante.

O volume de ar fresco requerido por pessoa é a relação entre a quantidade de calor a ser removida sobre o produto da capacidade volumétrica de calor pela diferença de temperatura externa e interna. Ou seja,

$$Q = \frac{S}{0,28(t_o - t_i)} \quad ; \text{ onde:}$$

$Q$  é volume de ar fresco requerido por pessoa ( $m^3/h$ )

0,28 representa a capacidade volumétrica de calor ( $kcal/^\circ C$ )

$t_o$  é a temperatura do ar externo ( $^\circ C$ )

$t_i$  é a temperatura do ar interno ( $^\circ C$ )

Outra maneira de se calcular o volume de ar fresco requerido é utilizando a equação abaixo apresentada pelo ASHRAE HANDBOOK. Porém, enquanto apresenta uma complexidade com relação ao cálculo do calor a ser removido (contribuição das paredes, forro, piso e fontes internas), não leva em consideração a ventilação cruzada, apesar de sugerir tal ventilação.

$$Q = \frac{H}{(cf_2)(T_i - T_o)} \quad \text{onde:}$$

$Q$  é o fluxo de ar necessário para remover uma quantidade de calor de edificação (cfm)

$H$  é a quantidade total de calor a ser removida (Btu/h)

$cf_2$  é um fator de conversão igual a 1,10

$T_i - T_o$  é a diferença entre a média das temperaturas interna e externa ( $F$ ).



A área livre, correspondente ao tamanho da abertura para a entrada do ar pode ser encontrada pela fórmula:

$$A = \frac{Q}{(cf)C_v V} \quad \text{onde:}$$

$A$  é a área livre da abertura de entrada ( $\text{ft}^2$ )

$cf$  é um fator de conversão correspondente a 88,00

$C_v$  é a eficiência das aberturas ( $C_v$  assume os valores 0,50 a 0,60 para ventos perpendiculares e 0,25 a 0,35 para ventos oblíquos)

$V$  é a velocidade do vento (mph)

Ainda pode-se calcular o volume total de ar renovado através da equação:

$$Q = A_i \times N \times V \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad \text{onde:}$$

$Q$  é o volume total de ar renovado ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$A_i$  é a área de abertura por onde o ar entra ( $\text{m}^2$ )

$A_o$  é a área de abertura por onde o ar sai ( $\text{m}^2$ )

$N$  é um valor que depende da relação  $A_o / A_i$

$V$  é a velocidade inicial do ar (km/h)

Sobre essa equação observa-se a importância dada ao dimensionamento dos vãos de entrada e saída de ar; mas não se considera a velocidade interna.

Segundo a NB - 10/1978 para uso da ventilação mecânica, tendo como base parâmetros para o conforto, na página 04, apresenta uma tabela que diz respeito ao ar exterior para renovação, extraída do livro ASHRAE HANDBOOK OF FUNDAMENTALS - 1972. De acordo com suas observações, pode-se tomar como base que em residências, deve-se ter, em média, um valor aproximado de  $2,00 \text{ m}^3/\text{h}$  por pessoa como número de renovação de ar com alguma concentração de fumantes. Para aplicações quais pode-se considerar por pessoa o valor de  $1,62 \text{ m}^3/\text{h}$  para não fumantes.

O incremento no volume de ar fresco requerido por pessoa com o aumento no número de pessoas no ambiente é explicado pela redução na eficiência da ventilação em remover odores ou para esfriamento. Também se deve a diferença térmica existente entre o ar interno e externo devido ao peso desigual; pois o ar interno torna-se mais pesado que o externo e é deslocado por gravitação tendendo a um equilíbrio de forças térmicas.

Associando-se a ventilação à sensação de conforto térmico do corpo humano, observa-se que em ambientes de baixa temperatura, o movimento do ar provoca um aumento do coeficiente de convecção, aumentando a perda de calor pelo corpo, provocando uma sensação de frio. Enquanto em ambientes de elevada temperatura, ocorre o contrário; ou seja, o movimento do ar remove a camada de ar saturado, facilitando a evaporação do suor e reduzindo a temperatura da pele.

Assim, em condições quentes, quando o corpo encontra-se em descanso, com baixa umidade e roupas leves é preferível a baixa velocidade do ar, porém quando a umidade e a taxa metabólica se elevam e as roupas são quentes e pesadas, as altas velocidades são preferíveis para prevenir a pele úmida, a redução da eficiência de esfriamento do suor e a elevação da taxa de suor.

Para que a velocidade do ar não se torne um aspecto desagradável devem ser consideradas agradáveis as velocidades de ar compreendidas entre 0,2 e 0,55 m/s em ambientes de permanência, podendo-se alcançar até 1,6 m/s em ambientes de curta permanência. Dessa forma deve-se ter cuidados na elaboração do projeto.

O mínimo e o máximo de ventilação requerida depende do tipo de clima e varia de acordo com as estações de cada região.

Em zonas quente - úmidas provisões podem ser tomadas para obter uma velocidade do ar externo, superior a 2 m/s e, na medida do possível usar os ventos predominantes para concluir o movimento do ar pelo ajustamento de detalhes construtivos.

A terceira função da ventilação, tendo em vista o conforto térmico, é esfriar a estrutura do edifício e seus componentes, evitando o aquecimento do ar interior. A relação entre a média da temperatura externa e interna depende: da



cor externa da parede, da capacidade de calor da estrutura, da resistência térmica, da média das temperaturas, das superfícies externas.

Os efeitos do vento e do fluxo de ar são de extrema importância, para a arquitetura de regiões de clima quente - úmido, contra elevadas temperaturas e umidades. O movimento do ar pode ser usado para aliviar o vapor de pressão durante as horas de elevada umidade e esfriar os períodos quentes. Dessa forma, antes de se projetar a implantação, deve-se observar o efeito que a ventilação produzirá e a orientação do edifício.

Segundo a Escala de Beaufort observa-se uma classificação do vento de acordo com a sua velocidade como mostra a tabela abaixo:

TABELA 2 - Escala de Beaufort

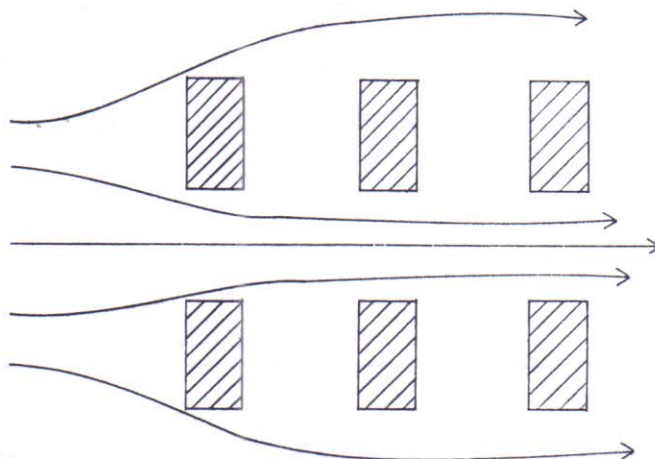
Força	Expressão descritiva	Especificação para a estimativa da velocidade do vento	Velocidade aproximada (m/s)
0	Calmo	A fumaça se alça verticalmente	0
1	Ar em movimento	A direção do vento é indicada pela fumaça	1
2	Aragem	Sente-se o vento no rosto, sussurram as folhas	2
3	Brisa suave	Folhas e ramos em movimento constantes o vento estende uma bandeira leve	4
4	Brisa moderada	O vento levanta o pó e papel solto; pequenos galhos são movidos	7
5	Brisa fresca	Pequenas árvores começam a balançar; cristas onduladas são formadas nas águas dos lagos e rios	10
6	Brisa forte	Movimento nos grandes galhos de árvores; ouvido o assobio nos fios elétricos, guarda-chuvas são usados com dificuldade	13
7	Ventania moderada	Árvores inteiras em movimento; torna-se inconveniente andar contra o vento	16

8	Ventania fresca	Galhos de árvores são quebrados; geralmente locomoção é impedida; afeta o movimento dos veículos	19
9	Ventania forte	Ligeiras danificações em edifícios; por exemplo, saltam telhas dos telhados; antenas são danificadas	22
10	Ventania total	Raramente experimentada no interior dos continentes; danos excessivos nos edifícios; árvores são arrancadas	26
11	Tempestade	Muito raro; causa danos generalizados	30
12	Furacão	Extremamente destrutivo para todas as coisas no seu curso	34 e maior

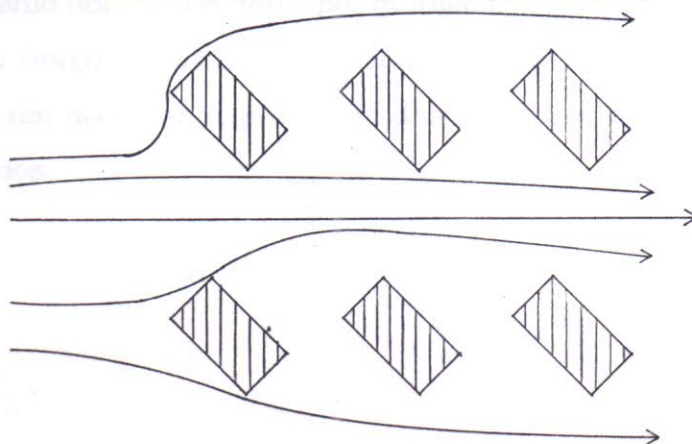
O posicionamento dos edifícios, adequadamente, torna-se importante sob o ponto de vista da distribuição e velocidade do vento.

As edificações podem ser posicionadas de diversas maneiras com relação à direção do vento:

- perpendicular, onde o lado exposto do edifício recebe o vento com muita velocidade. Esse arranjo é desejável para evitar o efeito do vento no inverno.

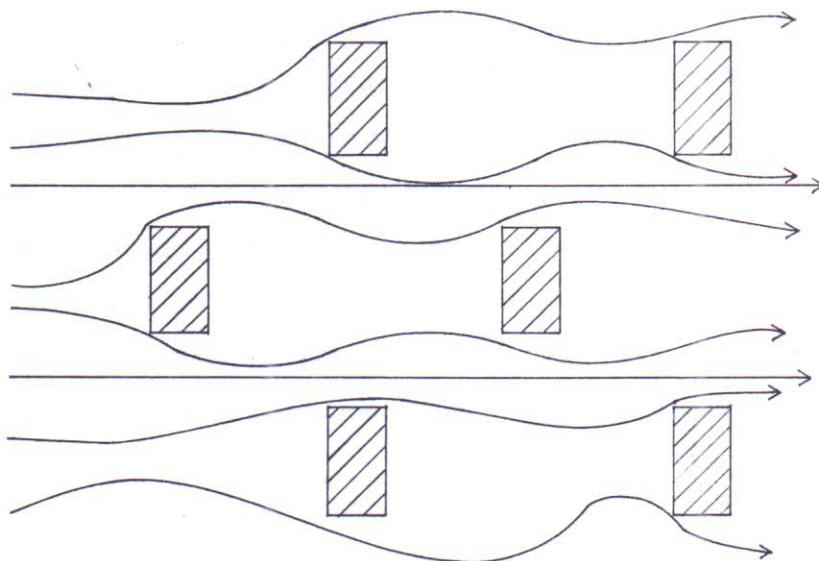


- à 45°, o vento reduz sua velocidade em torno de 50%.





- intercaladas, os edifícios recebem forte vento, tanto os posicionados na direção do fluxo como os subsequentes. Assim a terceira fileira receberá o fluxo na direção perpendicular.



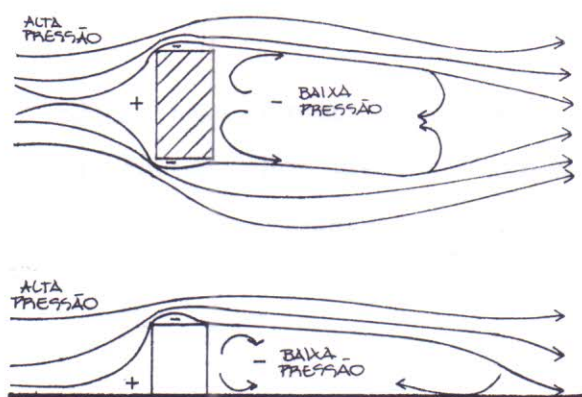
Em construções enfileiradas, as edificações devem estar distantes uma das outras, aproximadamente sete vezes as suas respectivas alturas, assegurando uma distribuição de ventilação uniforme para todas elas, somente a uma distância de duas vezes a altura do edifício é que o ar atinge um estado de repouso. Ainda nessa mesma posição enfileirada, as edificações provocam um vento sombreado sobre as unidades subsequentes, visto que tem a tendência de passar por cima das unidades arranjadas paralelamente e de canalizar.



O fluxo padrão produzido pela ventilação natural dentro da edificação é introduzido por gradientes de pressão que possuem duas origens: pelo fluxo de vento externo (força do vento) e por gradientes de temperatura entre o ar interno e externo (força térmica). Ambos podem atuar sozinhos, combinados ou em oposição um ao outro, dependendo das condições atmosféricas e do desenho dos edifícios.

Quando o vento é soprado contra a construção, o movimento direto do ar é perturbado e desviado ao redor e acima da construção. A pressão do ar nos lados que recebem o vento de frente é maior que a pressão atmosférica normal, criando uma zona de pressão positiva, ou compressão ou alta pressão. Nas bordas da construção, a velocidade do ar será maior que no espaço livre porque o bloqueio frontal do ar provoca a passagem de uma maior quantidade de calor na área ao redor, e o ar segue na direção oblíqua.

O deslocamento da massa de ar pelas laterais da construção, produz, por ficção, o deslocamento do ar situado na parte posterior, produzindo uma sombra de vento com uma zona de pressão negativa, ou de subpressão ou de sucção, além de complexas turbulências, redemoinhos e ventos da redondeza.



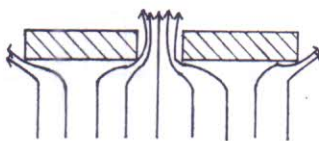
Quando o vento sopra perpendicularmente à construção, a parede frontal é sujeita a pressão enquanto as laterais e traseiras são de sucção; caso a direção do vento seja oblíqua, os dois lados frontais são de pressão e os outros de sucção. Assim, a incidência do vento contra um volume gera na maior parte dos planos, pressões negativas.

O estudo dessas zonas de pressão é usado para uma estimativa da taxa do fluxo de ar que passa no espaço construído, sendo importante para determinar as taxas de troca de ar e infiltração de perda ou ganho de calor. Assim, como o ar se desloca desde os pontos de maior aos de menor pressão, ao criar aberturas em um edifício, o fluxo de ar será conduzido por essa diferença de pressões.

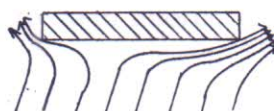


Os efeitos provocados pelo vento externo estão exemplificados pelas figuras abaixo:

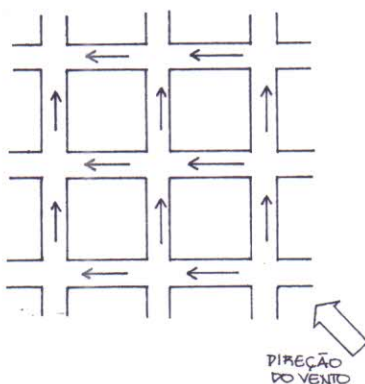
Dois volumes altos, com superfícies perpendiculares à direção do vento e separados por um espaço reduzido, produz-se nesse espaço velocidades muito maiores que as originais.



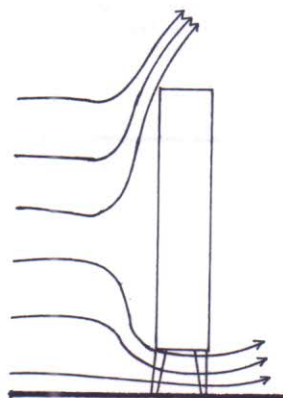
Mesmo quando o vento incide obliquamente sobre um volume, originam-se fluxos de ar de direções contrárias.



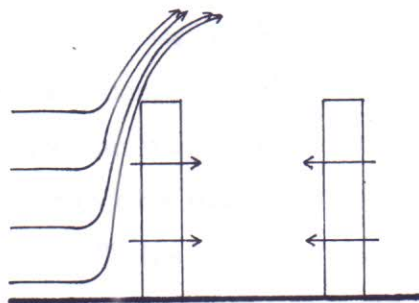
O vento, na cidade, não mantém sua direção originária devido às construções que o canalizam em outras direções, e geram turbulências de toda ordem modificando os dados meteorológicos.



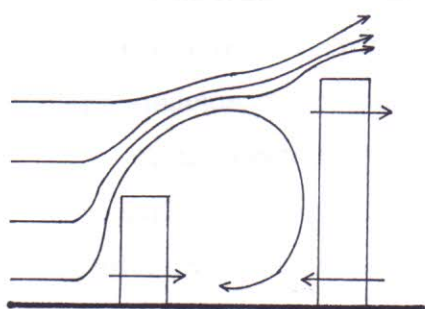
O vento produz um efeito pilotis, sua velocidade aumenta quando é obrigado a circular pelos espaços de dimensões mais reduzidas, necessitando da construção de quebra - ventos. Do outro lado, verifica-se uma enorme pressão sobre os fechamentos do edifício.



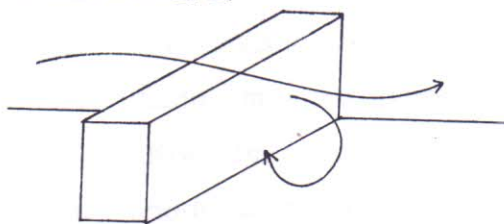
A disposição dos volumes e a direção e velocidade do vento fazem com que a ventilação entre eles tenha sentidos diferentes, modificando as previsões climáticas do lugar.



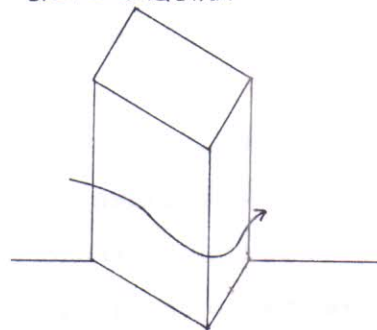
A altura do edifício em relação ao solo e a outro edifício de altura inferior gera direções diferentes no fluxo de ar interno.



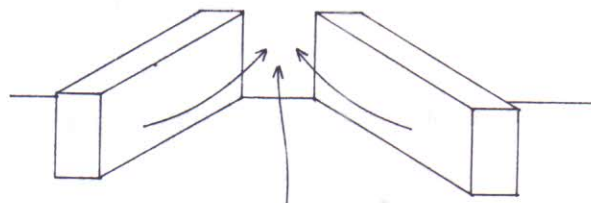
EFEITO BARREIRA



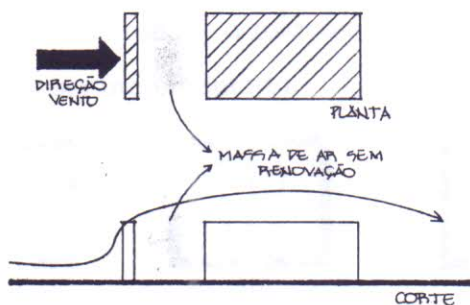
EFEITO ESQUINA



EFEITO VENTURI



Obstáculos próximos à edificação fazem com que o vento mude de direção e perca a velocidade.



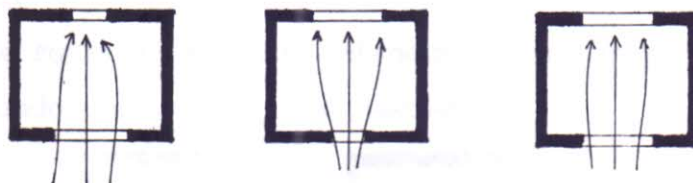


Dessa maneira, uma boa ventilação depende da direção e velocidade do vento externo que, por sua vez, é afetado por construções próximas, tendo que ser considerado um fator de influência da redondeza, medido através de um túnel de vento em duas dimensões, onde é injetado fumaça. Tal situação, geralmente, não coincide com os dados fornecidos pelos serviços meteorológicos; pois ocorre uma fricção de ar em todos os obstáculos que ele encontra, modificando sua direção e reduzindo ou elevando sua velocidade nas camadas próximas ao solo. Todos esses aspectos devem ser tratados em conjunto, mas não existe um cálculo preciso para determinar as influências exercidas.

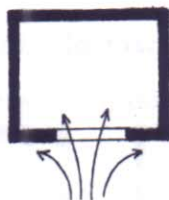
A abordagem feita diz respeito ao efeito do vento no espaço externo, agora, iremos observar como o vento se desenvolve no espaço interior; suas dependências, velocidades e fluxo.

A diferença de pressão existente entre as zonas de alta e baixa pressão contribui para o fluxo de ar interno. O arranjo das aberturas deve ser analisado de tal forma que a zona de baixa pressão funcione como fuga ou sucção do ar da zona de alta pressão, dando um movimento natural ao ar parado. Assim, a abertura de entrada deve encontrar-se na zona de alta pressão e a de saída na de baixa pressão, em paredes opostas, favorecendo a ventilação cruzada e permitindo o máximo de troca de ar com a estrutura.

Nos climas quente - úmido é mais importante a velocidade do ar que a quantidade de trocas de ar. Para que o ar circule com maior velocidade a abertura de entrada, na parede de pressão positiva, deve ser menor que a abertura na parede da zona de sucção; porém não tão grande, proporcionando à corrente de ar ser sugada na saída e alargada depois dela. Porém para que um maior volume de ar se renove a relação entre a área de entrada do ar sobre a área de saída deve ser incrementada.



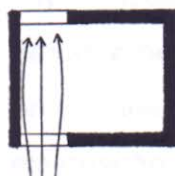
Quando não existe uma abertura de saída não ocorre fluxo de ar dentro do edifício.



Se as aberturas de entrada e de saída forem simétricas, o fluxo de ar interno será retilíneo, pois sua própria inércia faz com que mantenha a sua direção original.

Caso as aberturas sejam assimétricas ou possuam ou possuam uma projeção e estejam em zonas de pressões diferentes, o ar entrará no edifício em uma angulação oblíqua e seguirá para a saída.

ABERTURAS SIMÉTRICAS

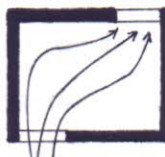


DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE INTERNA DO AR EM % DA VELOCIDADE EXTERNA

66	23
14	
98	21

$\bar{V}_i = 44,5\%$

ABERTURAS ASSIMÉTRICAS



DISTRIBUIÇÃO DA VELOCIDADE INTERNA DO AR EM % DA VELOCIDADE EXTERNA

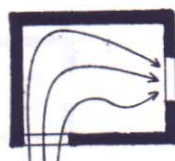
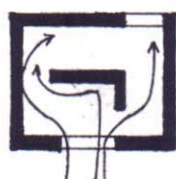
48	34
20	
84	25

$\bar{V}_i = 42\%$

Quando colocamos uma saliência na seção horizontal de um edifício, a direção do fluxo de ar será modificada, pois essa obstrução ou placa defletora central, cria uma entrada de ar pela sua frente e uma saída por trás. A profundidade que ela penetrará, irá depender da direção e velocidade do vento. É aconselhada para locais que não têm possibilidade de se estabelecer uma ventilação cruzada.



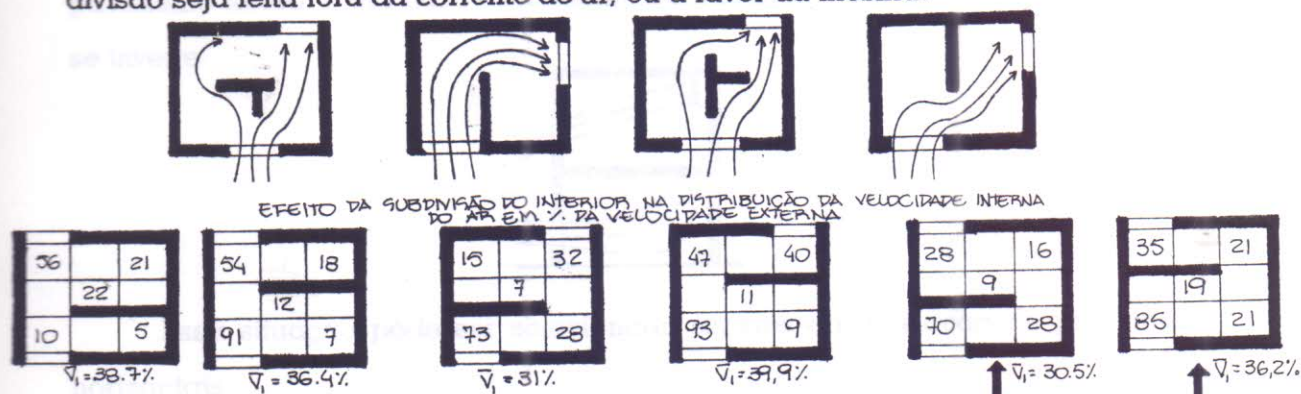
O fluxo interno quando contínuo assegura a maior velocidade do ar. Ao encontrar um obstáculo como as divisões internas se desvia em direção à abertura de saída e reduz sua velocidade. Também pode modificar a sua direção quando a pressão negativa prevalece.



PRESSÃO NEGATIVA

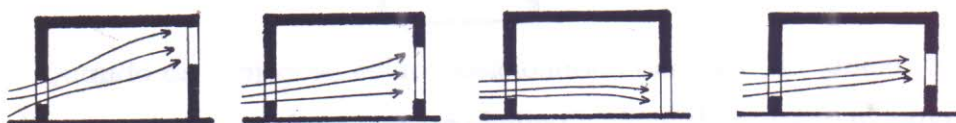


As divisões internas podem ser arranjadas de acordo com o fluxo padrão. Podendo-se obter um fluxo mais fraco, quando interrompido, funcionando como um obstáculo, ou a permanência da taxa e padrão do fluxo original, caso a divisão seja feita fora da corrente de ar, ou a favor da mesma.



A localização das aberturas de entrada e saída do ar também são importantes para evitar interferências acústicas e eliminar os problemas gerados pelo vapor de água e odores, nesse caso, as habitações devem ser projetadas, permitindo que o fluxo de ar desloque desde os dormitórios e o estar em direção à cozinha e ao banheiro.

Quando a distância entre o peitoril e o solo é maior que a parte superior da janela e o forro para a abertura de entrada e a saída está próxima ao forro, no meio da parede ou próxima ao chão, o fluxo é direcionado para a área de vivência, parte inferior do local.



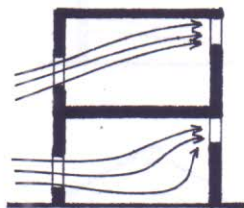
Em um arranjo contrário, o fluxo é direcionado para o forro, resultando na perda do efeito de esfriamento.



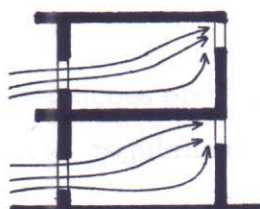
Porém, quando a abertura de entrada se posiciona ao nível do solo, produz um efeito de varredura, levando para o interior a poeira, o ar aquecido e detritos leves.



Nos edifícios de vários andares, observa-se um fluxo descendente no nível térreo devido a distância entre a parte superior da janela e o peitoril do pavimento superior ser maior que a distância entre o peitoril e o solo do pavimento térreo; e um fluxo ascendente no pavimento superior pois a situação se inverte.



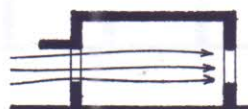
Essa situação pode ser solucionada através da utilização de projeções horizontais.



As características externas próximas às aberturas de entrada do edifício podem influenciar o fluxo padrão. As projeções na altura do forro interceptam e divergem as massas de ar para o interior, promovendo o efeito da ventilação.



Quando as projeções estão posicionadas em cima da janela, o fluxo de ar é direcionado para o forro porque elimina o efeito da pressão externa.

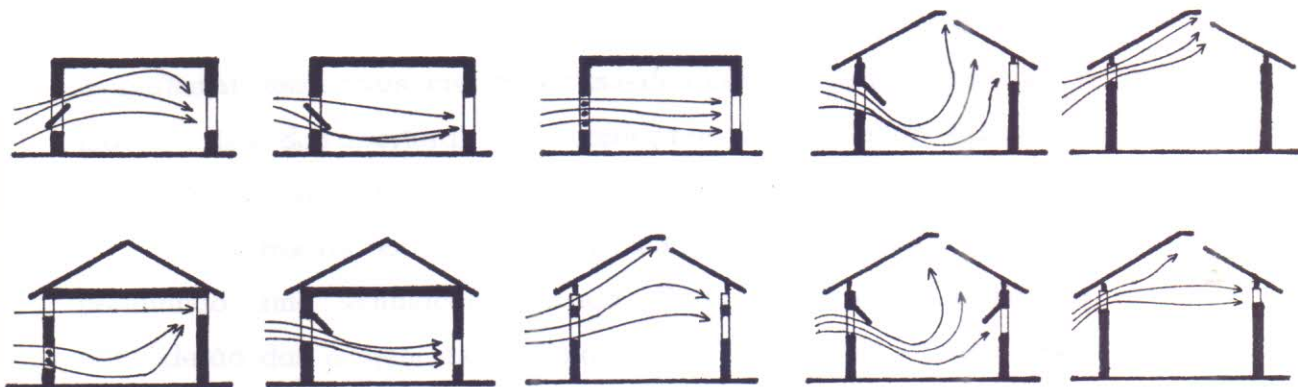


Caso a projeção na janela se apresente um pouco afastada do plano vertical, o fluxo volta a uma posição desejável, pois equaliza as pressões externas.





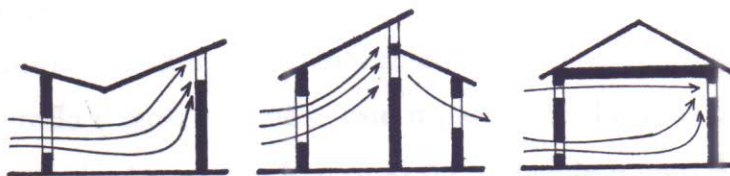
O tipo de janela ou placa defletora como pérgolas e brises também modifica a entrada do fluxo. O seu posicionamento dependerá do direcionamento dos obstáculos.



Nas construções com orientações opostas, o fluxo de ar não se comporta igual nos dois ambientes. Para regularizar essa situação é necessário a utilização de placas defletoras.



Outros exemplos de alterações a circulação do ar em função das aberturas:

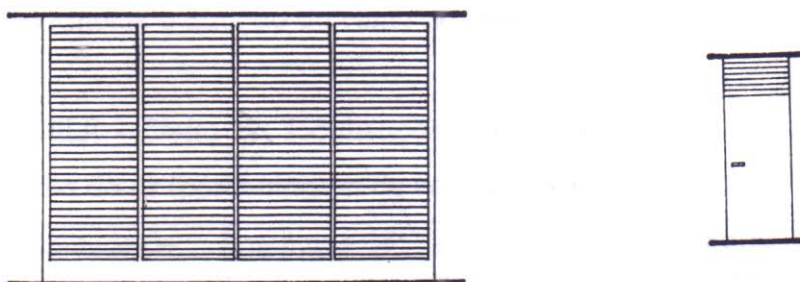


Beirais ou projeções curtas desviam a ventilação para o alto; enquanto longos, canalizam a ventilação para o interior.



As infiltrações também permitem a entrada de ar no espaço interior correspondem às frestas e juntas de portas e janelas, tornando-se importante em climas quentes. A quantidade de ar que entra ou sai do espaço interior depende: do comprimento total das frestas, da imperfeição dos contatos entre as partes móveis e fixas das aberturas e da diferença de pressão entre as partes móveis e fixas das aberturas e da diferença de pressão entre os dois meios tanto à força térmica quanto à ação do vento.

Essas frestas podem ser intensificadas por venezianas fixas, ou móveis permitindo uma ventilação cruzada. Suas localizações formas e áreas dependerão das exigências impostas pelo clima e pelo espaço. Destinam-se tanto ao uso interno com externo.



Com base nos estudos realizados por Givoni, através de tabelas e diagramas, observaremos que a velocidade do ar interno é afetada pela orientação, localização e dimensão das aberturas; da mesma forma, que está em função da velocidade e direção inicial do vento exterior, devido à força de inércia da massa de ar interior.

Ao contrário do que geralmente se pensa, a direção oblíqua incidente na janela de entrada é mais vantajosa que a perpendicular pois oferece uma boa condição de ventilação para toda a área do ambiente e uma distribuição mais uniforme. Assim em um ambiente com duas aberturas em paredes opostas quando o vento penetra na direção perpendicular, a corrente de ar passa direto da entrada para a saída e a ventilação originária nos cantos é fraca e devida à pequenas turbulências. Quando o vento entra oblíquo a  $45^\circ$ , um maior volume de ar é movimentado, incrementando o fluxo de ar nos lados das paredes e nos cantos das mesmas.



Porém, se as duas aberturas estiverem localizadas em paredes adjacentes, a melhor direção do vento será a perpendicular pois atinge uma maior distância com relação à parede oposta.

Nos estudos realizados também foi levado em consideração a influência da ventilação cruzada e a amplitude das aberturas de entrada e saída; ou seja, ao se dizer que a amplitude de entrada é  $1/3$  isso significa dizer que a abertura de entrada corresponde a  $1/3$  do vão da parede onde está essa abertura. A velocidade do fluxo de ar interno é expressado como percentagem da velocidade do vento externo a uma mesma altura.

Na tabela abaixo, considera-se janelas em paredes opostas e adjacentes com ventos oblíquos ( $\pm 45^\circ$ ) e perpendiculares. Mostra o efeito da localização das janelas e direção do vento na média da velocidade do ar interno.

TABELA - Efeito da localização da janela e direção do vento na velocidade média do ar (porcentagem de velocidade externa)

Amplitude de entrada	Amplitude de saída	Janelas em parede oposta		Janelas em paredes adjacentes	
		vento perpendicular	vento oblíquo	vento perpendicular	vento oblíquo
$1/3$	$1/3$	35	42	45	37
$1/3$	$2/3$	39	40	39	40
$2/3$	$1/3$	34	43	51	36
$2/3$	$2/3$	37	51	-	-
$1/3$	$3/3$	44	44	51	45
$3/3$	$1/3$	32	41	50	37
$2/3$	$3/3$	35	59	-	-
$3/3$	$2/3$	36	62	-	-
$3/3$	$3/3$	47	65	-	-

Fonte: Givoni



A tabela a seguir mostra a influência do tamanho da janela em um ambiente sem ventilação cruzada. À medida que se aumenta o tamanho da janela se obtém uma velocidade mais elevada, mesmo que obtenha um efeito fraco, isso se deve à distribuição dos padrões de pressão.

TABELA - Efeito do vento no tamanho da janela em ambiente sem ventilação cruzada (% da velocidade externa do vento)

Direção do vento	Amplitude da janela		
	1/3	2/3	3/3
Perpendicular a janela	13	13	16
Oblíqua pela frente	12	15	23
Oblíqua por trás	14	17	17

Fonte: Givoni

A tabela abaixo mostra as médias e máximas velocidades atingidas com ventos perpendiculares e oblíquos, com ventilação cruzada e com uma combinação entre as aberturas de entrada e saída. De onde se pode observar que a melhor ventilação acontece com a direção oblíqua, mínimo tamanho da janela de entrada e máximo da janela de saída, obtendo-se uma velocidade máxima de 152% da velocidade exterior e média de 44%. Porém a melhor distribuição se dá quando a janela de entrada é maior que a de saída pois não limita uma concentração do fluxo de ar a uma pequena secção do ambiente.

TABELA - Efeito da abertura de entrada e saída nas velocidade média e máxima (% da velocidade externa do vento)

Direção do vento	Abertura de saída						
	Abertura de entrada	1/3		2/3		3/3	
		média	máx.	média	máx.	média	máx.
Perpendicular	1/3	36	65	34	74	32	49
	2/3	39	131	37	79	36	72
	3/3	44	137	35	72	47	86
Oblíqua	1/3	42	83	43	96	42	62
	2/3	40	92	57	133	62	131
	3/3	44	152	59	137	65	115

Fonte: Givoni



Quando um ambiente possui uma ventilação cruzada, um incremento simultâneo no tamanho das janelas de entrada e saída, tem um bom efeito na velocidade do ar interno.

A ventilação cruzada é um termo usado quando existem aberturas nas zonas de alta e baixa pressão. Mas às vezes é confundido quando um espaço tem mais de uma abertura exterior independente de sua posição com relação ao vento, essa situação pode provocar um pequeno fluxo interno e não é esse o objetivo da ventilação cruzada.

A tabela abaixo, mostra o efeito da ventilação cruzada com uma proporção constante de abertura.

TABELA - Efeito da ventilação cruzada na média da velocidade de entrada do ar (% de velocidade de saída)

Ventilação cruzada	Localização das aberturas		Direção do vento	Amplitude total da abertura			
				2/3 da parede		3/3 da parede	
				méd.	máx.	méd.	máx.
nenhuma	abertura simples	na	perpendicular	13	18	16	20
	zona de pressão		oblíquo	13	33	23	36
	abertura simples	na	oblíquo	17	44	17	39
	zona de sucção						
provida	duas aberturas	na	oblíquo	22	56	23	50
	zona de sucção						
	duas aberturas	em	perpendicular	45	68	51	103
	paredes adjacente		oblíquo	37	118	40	110
	duas aberturas	em	perpendicular	35	65	37	102
	paredes opostas		oblíquo	42	83	42	94

Fonte: Givoni

Quando se possui janelas em somente um lado da sala, a ventilação é pobre porque o gradiente de pressão interna e externa além das aberturas é muito pequeno. Se a direção do vento for oblíqua se formará, adiante, um fluxo de ar paralelo ao comprimento da parede, criando um pequeno gradiente de pressão no seu caminho e induzindo um fluxo das áreas de elevada à baixa