

TÉCNICAS PARA O USO DA VENTILAÇÃO NATURAL
Prof.ª M.ª Erica Lemos Gil
2017

VENTILAÇÃO NATURAL

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

Ventilação Natural - condicionantes

- Diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos,
- Resistência oferecida pelas aberturas,
- Obstruções internas;
- Incidência do vento;
- Forma do edifício

VENTILAÇÃO NATURAL

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

Ventilação Natural - princípios fundamentais

Por ação dos Ventos:
Ventilação Cruzada

High pressure Low pressure

Por diferença de Temperatura:
Efeito Chaminé

Cool outside Warm inside

<http://coolvent.mit.edu/Intro-to-natural-ventilation/basics-of-natural-ventilation/>

VENTILAÇÃO NATURAL

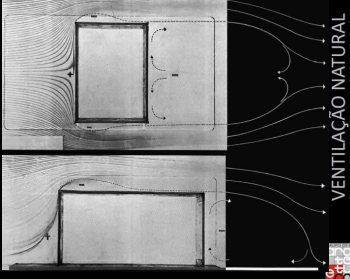
20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

Ventilação Cruzada - condicionantes

Ar quente: deslocamento paralelo ao solo em Fluxo Lamelar:

- Encontro com edifício: desvio
- Ultrapassado edifício: tende ao regime lamelar.

Pressão positiva/ sobrepessão : +
Pressão negativa/ subpressão: -
Linhas próximas: maior velocidade



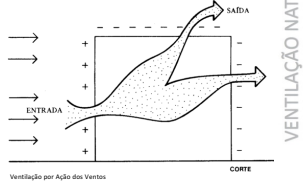
Modelo com movimento do ar em volta de edifício, em planta e corte.
Adaptado de: OLGYAY, 2013, p. 103.

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

Ventilação Cruzada - estratégias

Posicionar aberturas de modo a favorecer a ventilação:

- Entrada de ar: onde pressões positivas
- Saída de ar: onde pressões negativas
- Para aumentar a velocidade:
Área da abertura de saída maior que área de entrada



Ventilação por Ação dos Ventos
Fonte: FROTA, 2003, p. 128

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

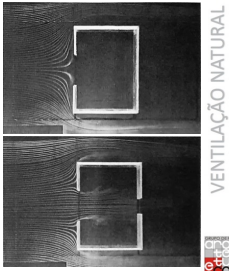
Ventilação Cruzada - aberturas (em planta)

Sem fluxo:

- Sem abertura para saída

Menor efeito refrescante:

- Grande abertura para entrada e pequena para saída
(aumenta velocidade do fluxo externo)



Abertura única
Fonte: OLGYAY, 2013, p. 104.

Menor efeito refrescante
Fonte: OLGYAY, 2013, p. 104.

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

Ventilação Cruzada - aberturas (em planta)

Maior velocidade de fluxo:

- Abertura de entrada menor que abertura de saída (linhas mais próximas indicam maior velocidade)

Fluxo máximo:

- Aberturas grandes, de igual tamanho, em faces opostas (e velocidade maior que do fluxo externo)

Maior velocidade
Fonte: OLGIVAR, 2013, p. 105.

Fluxo máximo
Fonte: OLGIVAR, 2013, p. 105.

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

VENTILAÇÃO NATURAL

Ventilação Cruzada - aberturas (em planta)

Fluxo assimétrico:

- Aberturas grandes, de igual tamanho, em faces opostas e desalinhadas com o fluxo externo (a pressão exterior dirige o fluxo em ângulo ao interior)

Maior área de abrangência:

- Aberturas grandes, de igual tamanho, em faces desalinhadas com fluxo externo e entre si

Grande fluxo assimétrico
Fonte: OLGIVAR, 2013, p. 105.

Maior área de abrangência
Fonte: OLGIVAR, 2013, p. 105.

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

VENTILAÇÃO NATURAL

Ventilação Cruzada - aberturas e obstáculos

Fonte: OLGIVAR, 2013, p. 105 - 107.

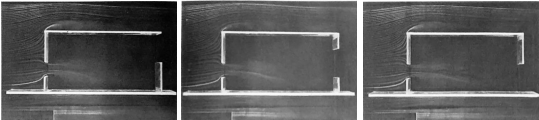
20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

VENTILAÇÃO NATURAL


Ventilação Cruzada - aberturas (em corte)

Abertura de entrada em cota baixa e variações na altura de saída:

- Efeitos idênticos sobre o fluxo:
 - Direcionados para baixo



Fonte: OLGYAY, 2013, p. 108 - 109.

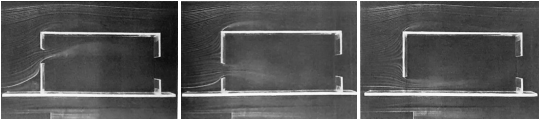
20/02/17  Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

VENTILAÇÃO NATURAL


Ventilação Cruzada - aberturas (em corte)

Abertura de saída em cota baixa e variações na altura de entrada:

- Efeitos diversos sobre o fluxo:
 - Direcionado para cima
 - Direcionado para baixo
 - “Varre” o piso



Fonte: OLGYAY, 2013, p. 108 - 109.

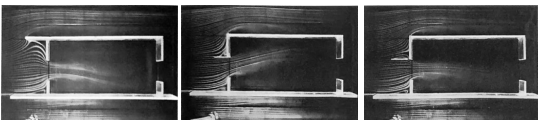
20/02/17  Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

VENTILAÇÃO NATURAL


Ventilação Cruzada - aberturas (em corte)

Adições próximas às aberturas de entrada:

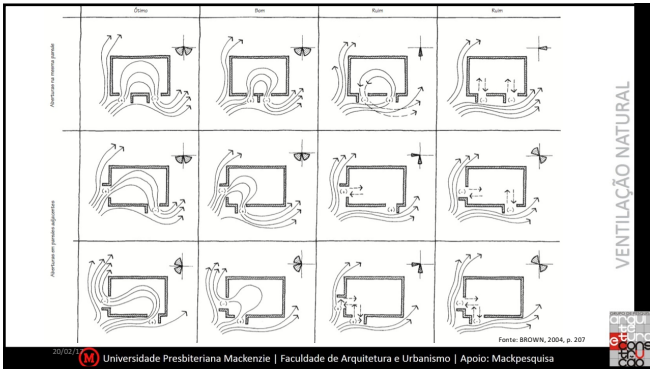
- Efeitos diversos sobre o fluxo:
 - Incrementa fluxo
 - Para cima (desfavorável)
 - Para baixo (agradável)



Fonte: OLGYAY, 2013, p. 110 - 111.

20/02/17  Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

VENTILAÇÃO NATURAL



Ventilação Cruzada - aberturas (em corte)

Elementos nas aberturas de entrada:

- Efeitos diversos sobre o fluxo:
 - Para cima (desfavorável)
 - Para baixo (agradável)
 - Difuso (bem distribuído)

Fonte: OGIYAY, 2013, p. 110 - 111.

Cálculo do fluxo da ventilação cruzada

$$\phi_v = c_a \cdot A_o \cdot v \sqrt{(c_e - c_s)} \quad (m^3/s)$$

ϕ_v : Fluxo ou vazão de ar pela ação dos ventos (m³/s);
 c_a : Coeficiente de perda de carga por ação dos ventos (0,6);
 A_o : Área equivalente das aberturas (m²);
 v : Velocidade do vento externo resultante na abertura (m/s);
 c_e : Coeficiente de pressão na abertura de entrada de ar;
 c_s : Coeficiente de pressão na abertura de saída de ar;

Fonte: FROTA, 2001, p. 127 - 128.

Área equivalente das aberturas: A_o

A_o em função das áreas das aberturas de entrada e de saída do ar, segundo a relação:

Fonte: FROTA, 2001, p. 128.

$$\frac{1}{A_o^2} = \frac{1}{A_e^2} + \frac{1}{A_s^2}$$

A_e : Área da abertura de entrada (m^2);

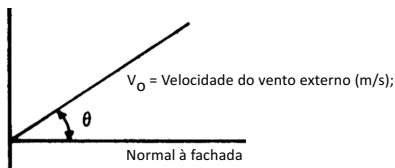
A_s : Área da abertura de saída (m^2);

VENTILAÇÃO NATURAL

Velocidade do vento externo: V_o

Caso o vento não seja normal à abertura: $v = V_o \cdot \cos\theta$ (m/s)

Onde:



Fonte: FROTA, 2001, p. 129.

VENTILAÇÃO NATURAL

Coefficientes c_e e c_s

- Modelos de seção quadrada com anteparo maciço com altura h

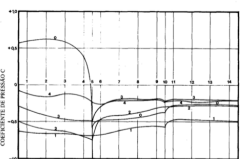
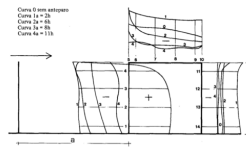


Gráfico de Imminger e Nussli para determinação dos coeficientes de pressão para modelos de seção quadrada com anteparo maciço com altura h .
Fonte: TOLEDO, 1967 apud FROTA, 2001, p. 224.

VENTILAÇÃO NATURAL

Coeficientes c_e e c_s

- Modelos de seção quadrada com anteparo maciço com altura $\frac{1}{2} h$

Gráfico de Iringer e Nökkentall para determinação dos coeficientes de pressão para modelos de seção quadrada com anteparo maciço com altura $\frac{1}{2} h$.
Fonte: TOLDO, 1997 e PORTAL, 2005, p. 225.

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

Ventilação Cruzada

2º Concurso Living Steel para Habitação Sustentável
Andrade Morettin Arquitetos - Recife - PE, 2007

Fonte: PORTAL VITRUVIUS, 2008.

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

Efeito Chaminé - condicionantes

- Aberturas próximas ao piso e próximas ao teto ou no teto;
- Ar com temperatura maior: sai pelas aberturas altas
- Ar com temperatura menor: entra pelas aberturas baixas

Fluxo mais intenso:

- maior a distância entre as aberturas de entrada e saída
- maior a diferença entre temperaturas do ar externo e interno (10°C para produzir uma velocidade do ar de apenas 0,5m/s)

Adaptado de: ALLEN, 2005, p.102.

20/02/17 Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa

Efeito chaminé - cálculo do fluxo

$$Q = CA\sqrt{h(T_i - T_e)} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Onde:

Q = fluxo de ar (m³/s)

C = coeficiente que representa a resistência ao escoamento do fluxo de ar

(0,12 para a maioria das aberturas)

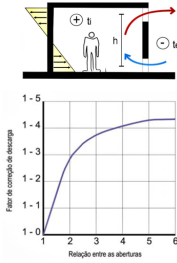
A = área da abertura (m²)

h = altura média entre as aberturas de entrada e de saída do ar (m)

T_i = temperatura do ar interior (°C)

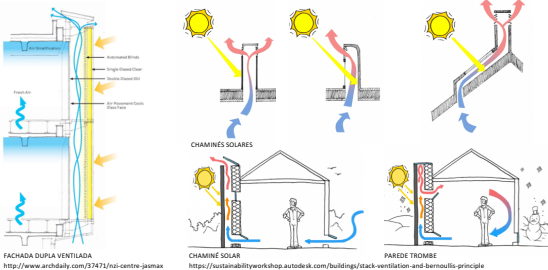
T_e = temperatura do ar exterior (°C)

* Quando as aberturas de entrada e saída do ar não forem iguais, usar o fator de correção de descarga



VENTILAÇÃO NATURAL

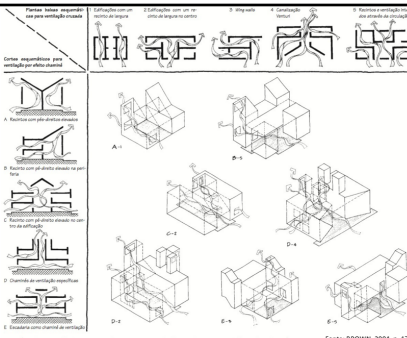
Efeito chaminé - estratégias



VENTILAÇÃO NATURAL

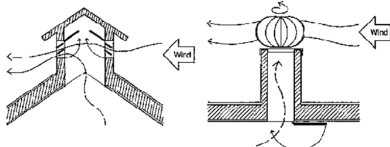
Efeito Chaminé + Ação dos Ventos

Vento predominante incrementa (e não bloqueia) a ventilação




VENTILAÇÃO NATURAL



Efeito Chaminé + Ação dos Ventos



<http://collections.infocollections.org/ukadu/en/6/7/802ca/3.2.html>





Beddington Zero Energy Development (BedZED)
Arq. Bill Dunster
Londres, Inglaterra - 2000
<https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/building/black-ventilation-and-barbecue-principle>

20/02/17  Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa 

VENTILAÇÃO NATURAL

Referências

- ALLEN, Edward. **How building works: the natural order of architecture**. 3.ed. Nova Iorque: Oxford University, 2005.
- BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Chizhina. **Ventilação Natural em Edificações**. Rio de Janeiro: Procel Edifica, 2010. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?view={5A0BCAF0-0ED1-4FFE-B335-95D83F0F8988}&Team={fms-itemID={85351C92-0471-4809-8F82-904669936EFE}}&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}}>>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- BROWN, G. Z. **Sol, vento e luz : estratégias para o projeto de arquitetura**. 2. ed. Porto Alegre Bookman 2004. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577800902/>>. Acesso em: 15 dez. 2016
- FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramôis. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243 p. ISBN 8585445394.
- OLIVAY, Victor. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: G. Gili, 2013
- RDAF, Susan; THOMAS, Stephanie; FUENTES, Manuel. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- PORTAL VITRUVIUS. Living Steel 2nd architectural competition for sustainable housing. *Projetos*, São Paulo, ano 08, n. 085-04, Vitruvius, jan. 2008. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/08.085/2866>>. Acesso em: 15 dez. 2016

20/02/17  Universidade Presbiteriana Mackenzie | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Apoio: Mackpesquisa 

VENTILAÇÃO NATURAL
