



EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO HIGROTÉRMICO DA ENVOLVENTE DE HABITAÇÕES POPULARES TÉRREAS

Nelson Turik/Engenheiro Civil, MSc
CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia
Rua Washington Luiz, 675 - Porto Alegre - RS

Neste trabalho são fixadas as exigências a serem atendidas por habitações populares térreas, de modo a obter-se níveis de conforto higrotérmico interno iguais ou superiores aos da casa-COHAB tipo RS 16-1.3-42, bastante difundida em nosso meio e escolhida como padrão de referência.

This work presents the requirements to be attended by low-cost one-story houses, in order to achieve equal or better internal thermal comfort levels than the ones offered by the house type COHAB RS 16-1.3-42, very popular in Rio Grande do Sul and elected as a standard.

1. INTRODUÇÃO

A especificação por desempenho é hoje uma barreira a ser vencida para o avanço das tecnologias inovadoras.

A dificuldade inicial a vencer está em definir as exigências mínimas a serem atendidas de modo a gerar-se uma satisfação adequada na população alvo, principalmente as populações de menor renda.

Entre as áreas envolvidas na avaliação do desempenho de casas térreas, uma das mais conflitantes para o Rio Grande do Sul é a da obtenção de conforto térmico unicamente por meios naturais. Isto se deve, em parte, à configuração climática do mesmo, com situações críticas de verão e de inverno, que o fazem diferente do resto do território nacional. Porém, a principal dificuldade está no fato de que, sendo o conforto térmico uma necessidade psico-fisiológica e sua satisfação envolver a percepção de um balanço positivo frente às expectativas, trata-se de um fenômeno de complexa apreciação, especialmente em relação aos mínimos exigíveis.

Este trabalho procura apontar uma metodologia para enfrentar este problema. Consiste a mesma em referir-se, em termos de desempenho, a padrões apresentados pelas técnicas convencionais de construção, de todos conhecidas e que se relacionam a níveis de aceitação da população destinatária. Por esta via, e na ausência do consenso que a elaboração de uma norma requer, obtém-se um entendimento comum entre o meio técnico, o inovador, o órgão político e o usuário.

Na área do conforto térmico este enfoque não é simples. De uma parte, surgem dificuldades

na definição de qual é o padrão convencional a ser escolhido como referência. Quando se define um padrão está-se colocando uma referência objetiva, conhecida de todos os intervenientes. Tenta-se escolher um tipo de construção que exemplifique um exemplar difundido e que, de certo modo, referencie o que o usuário espera, as expectativas com que ele entra na nova casa. No presente trabalho, considerou-se que a casa padrão, que não conta com nenhum condicionamento artificial, está localizada em Porto Alegre, sendo seu comportamento analisado frente ao clima deste local, para chegar-se ao estabelecimento das exigências de desempenho higrotérmico. A escolha da casa padrão baseou-se na experiência acumulada pela COHAB-RS. Escolheu-se um tipo de casa que é considerado como padrão por esse órgão e que constitui a maior parte de suas construções espalhadas pelo Rio Grande do Sul. Esta casa é identificada pela COHAB como sendo do tipo RS 16-1.3-42, e sua descrição não consta do presente trabalho por limitações de espaço. Embora não existam pesquisas a esse respeito, a experiência indica que corresponde a um mínimo que pode ser oferecido sem gerar marcada insatisfação.

De outra parte, as dificuldades advêm da escolha de modelos físico-matemáticos que permitam uma tradução a parâmetros de desempenho das variáveis construtivas. Estes modelos existem com graus de complexidade e fidelidade muito variáveis. Optou-se pelo uso de expressões correntes na bibliografia clássica que comprovadamente refletem, com aceitável aproximação, os fenômenos reais.

Deve-se ter cuidados especiais na formulação das exigências, porque uma construção pode possuir características mínimas frente a exigências de inverno mas estar superdimensionada

da frente às de verão ou vice-versa. Também pode ocorrer que um elemento de construção esteja insuficientemente dimensionado, porém seja compensado por outras partes da edificação. Para atender a estas questões foi necessário fazer uma escolha cuidadosa dos parâmetros indicadores do desempenho, incluindo aqueles que globalizam o fenômeno, bem como outros que permitem uma análise particularizada. É claro que o somatório das respostas térmicas dos elementos da envolvente não esgota a caracterização da resposta térmica da casa. Os fenômenos são muito complexos e não são bem conhecidos. Porém, pode-se estabelecer este somatório como indicador desta resposta com razoável aproximação. Foi este um dos caminhos seguidos, devido às vantagens de operacionalidade da análise. Também não foi possível prescindir de referências a exigências internacionalmente aceitas, quando resultou evidente que o padrão escolhido nos levava a exigências parciais muito severas ou vice-versa. Sempre que possível, tentou-se apoiá-las em termos de objetivos indisputáveis.

Para que os resultados deste trabalho tenham validade prática, ele deve cumprir com duas condições principais. Em primeiro lugar, deve permitir uma flexibilidade nas soluções, uma liberdade criativa nas propostas. Em segundo lugar, deve ser operativo, isto é, de simples aplicação, para poder servir de auxílio na árdua tarefa de integrar condicionantes. Estas duas condições não foram mais que parcialmente obtidas, pois é necessária uma maior sedimentação para que sejam plenamente conquistadas.

Um tema de discussão em aberto é o da aplicabilidade do método para o âmbito nacional. A princípio, os valores de desempenho fixados a partir da casa localizada em Porto Alegre indicam padrões de qualidade que valem em geral para o mesmo grupo social. Se o clima for mais exigente, a envolvente deverá ser de superior qualidade térmica para manter o fluxo de calor, por exemplo, dentro dos limites exigidos. Isto, no entanto, não é tão simples, porquanto as exigências de grupos sócio-culturais tão diversificados como os existentes no país podem mudar o quadro de referência. Além disso, há no Brasil uma diversidade muito grande de climas, e parâmetros importantes no sul podem ser prescindíveis no norte e vice-versa. No entanto, a idéia básica do método continua valendo.

Não constam no presente trabalho, o qual foi extraído da dissertação de mestrado do autor, por falta de espaço, os anexos com a descrição dos parâmetros físicos higrotérmicos - o que são e como são calculados -, as condições climáticas da região de Porto Alegre e como a casa padrão foi transformada em índices orientativos ao estabelecimento dos níveis de exigência que as habitações devem atender.

2. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO HIGROTÉRMICO DA ENVOLVENTE DE HABITAÇÕES POPULARES TÉRREAS

2.1. Aspectos Gerais

2.1.1. Os itens que se seguem fixam as exigências a serem atendidas por habitações populares térreas de modo a obter-se níveis de conforto higrotérmico interno iguais ou superiores

res aos da casa-COHAB-padrão.

2.1.2. Para a aplicação dos critérios de desempenho devem ser consideradas as situações de inverno (representado pelo mês de julho) e de verão (representado pelo mês de janeiro), correspondentes ao clima de Porto Alegre (apresentado no Anexo 3, não contido neste trabalho).

2.1.3. A avaliação das exigências higrotérmicas de inverno deve seguir os métodos de cálculo apresentados no Anexo 4.

2.1.4. A avaliação das exigências higrotérmicas de verão deve seguir os métodos de cálculo apresentados no Anexo 5.

2.1.5. A avaliação da ventilação deve seguir o esquema de verificações apresentado no Anexo 6.

2.2. Exigências Higrotérmicas de Inverno

2.2.1. O coeficiente volumétrico de perdas térmicas globais GI, expresso em $W/m^3 \cdot ^\circ C$, característico do conjunto da envolvente, deve ser menor ou igual a $5,0 W/m^3 \cdot ^\circ C$:

$$GI \leq 5,0 W/m^3 \cdot ^\circ C$$

-Avaliação: o cálculo do valor de GI da habitação em análise deve seguir o método apresentado ao longo do item 1 do Anexo 4 e seus subitens.

-Comentário: através deste índice estamos limitando as perdas de calor através da envolvente da habitação, de modo a obter-se uma temperatura interna igual ou superior à da casa-COHAB-padrão. Na análise estão incluídas as perdas térmicas por infiltração de ar através das esquadrias.

2.2.2. Para as condições climáticas internas e externas fixadas no item 2 do Anexo 4, não deve ocorrer condensação superficial nas paredes em regime permanente de transmissão de calor. Para tanto, o valor da temperatura superficial interna da parede θ_s parede deve ser superior ao valor da temperatura de orvalho t_o , que para as condições fixadas vale $13 \text{ }^\circ C$:

$$\theta_s \text{ parede} > t_o = 13 \text{ }^\circ C$$

-Avaliação: o cálculo do valor de θ_s parede deve ser realizado de modo análogo ao apresentado no item 2 do Anexo 4.

-Comentário: esta exigência foi estabelecida supondo-se que só excepcionalmente o ar interno apresenta um grau higrométrico superior a 70%. Na verdade, existem dependências na habitação onde o grau higrométrico pode exceder aos 70%, como cozinha e banheiro. Nestes locais, as condensações passageiras são admissíveis, desde que não resultem deteriorações. Nas demais peças ela não deve ocorrer, quando se consideram as condições de temperatura e umidade fixadas. Ela pode ser admitida apenas nas paredes vítreas, desde que não cause deterioração. Além disso, nos locais onde pode ocorrer condensação, é importante dispor-se de uma adequada ventilação, para reduzi-la ao mínimo.

2.2.3. Para as condições climáticas internas e externas fixadas no item 2 do Anexo 4, não deve ocorrer condensação superficial no forro

em regime permanente de transmissão de calor. Para tanto, o valor da temperatura superficial interna do forro θ_s forro deve ser superior ao valor da temperatura de orvalho t_o , que para as condições fixadas vale $13\text{ }^\circ\text{C}$:

$$\theta_s \text{ forro} > t_o = 13\text{ }^\circ\text{C}$$

-Avaliação: o cálculo do valor de θ_s forro deve ser realizado de modo análogo ao apresentado no item 3 do Anexo 4.

2.2.4. Se ocorrer condensação superficial na telha em regime permanente de transmissão de calor, deve-se tomar cuidado para que os pingos que vierem a cair não prejudiquem o forro que está sendo utilizado.

-Avaliação: para verificar se ocorre ou não esta condensação, deve-se comparar os valores de temperatura superficial da telha θ_s telha com a temperatura de orvalho t_o , obtidas de acordo com o apresentado no item 4 do Anexo 4.

-Comentário: o cálculo efetuado para a casa-padrão mostrou a ocorrência de condensação superficial na telha. Recomenda-se cuidado no que se refere a possíveis problemas no forro pela queda de pingos d'água sobre o mesmo.

2.2.5. Para as condições climáticas internas e externas fixadas no item 5 do Anexo 4, não deve ocorrer condensação interna nas paredes constituídas por camadas de diferentes materiais em regime permanente de transmissão de calor. Para tanto, em qualquer ponto no interior da parede deve-se ter um valor de pressão de vapor p_v menor que o valor da pressão de saturação p_s , função da temperatura local do material que constitui a parede:

$$p_s > p_v$$

-Avaliação: a verificação da existência ou não deste tipo de condensação deve ser feita conforme o estabelecido no item 5 do Anexo 4.

-Comentário: esta exigência só deve ser verificada quando temos paredes constituídas por camadas de diferentes materiais. Se a parede é homogênea, não havendo condensação superficial (exigência 2.2.2.), também não ocorrerá condensação interna.

2.2.6. Para as condições climáticas internas e externas fixadas no item 5 do Anexo 4, não deve ocorrer condensação interna no forro constituído por camadas de diferentes materiais em regime permanente de transmissão de calor. Para tanto, em qualquer ponto no interior do forro deve-se ter um valor de pressão de vapor p_v menor que o valor da pressão de saturação p_s , função da temperatura local do material que constitui o forro:

$$p_s > p_v$$

-Avaliação: a verificação da existência ou não deste tipo de condensação deve ser feita conforme o apresentado no item 6 do Anexo 4.

-Comentário: esta exigência só deve ser verificada quando temos forros constituídos por camadas de diferentes materiais. Se o forro é homogêneo, não havendo condensação superficial (exigência 2.2.3.), também não ocorrerá condensação interna.

2.2.7. Sempre que a superfície interior de uma parede exterior constituir um plano homogêneo (por sua natureza ou relevo), seu fator de heterogeneidade de temperatura superficial interior ρ deve ser no máximo igual a 1,5:

$$\rho \leq 1,5$$

-Avaliação: o cálculo do valor do fator de heterogeneidade de temperatura superficial interior deve ser feito como exposto no item 7 do Anexo 4.

-Comentário: esta exigência procura evitar o aparecimento de fenômenos indesejáveis no acabamento interno das paredes, como alterações nas tintas, condensação, etc., devidos à heterogeneidade de temperaturas superficiais. Casos especiais como painéis unidos com perfis metálicos, onde provavelmente ocorrerá condensação, devem ser estudados em particular, devido a não-existência de um plano homogêneo superficial.

2.2.8. A diferença entre as temperaturas ambientes médias orientadas, uma para a parede fria e a outra para a direção oposta, calculada no ambiente de permanência prolongada que apresente, para a menor área externa, o máximo de aberturas (elementos com elevado valor de U), estando o ponto a ser analisado a 1 m da parede externa, voltado para ela e localizado no centro da altura e da largura, deve ser inferior ou no máximo igual a $4,0\text{ }^\circ\text{C}$:

$$\Delta t_{\text{amb.or.}} \leq 4,0\text{ }^\circ\text{C}$$

-Avaliação: o cálculo deve ser feito de acordo com o que está exposto no item 8 do Anexo 4.

-Comentário: esta exigência procura impedir que haja sensação de desconforto devido à existência de paredes excessivamente frias. Busca-se uma certa homogeneidade do conforto.

2.3. Exigências Higrotérmicas de Verão

2.3.1.0 coeficiente volumétrico de ganhos térmicos globais GV, expresso em W/m^3 , característico do conjunto da envolvente, deve ser menor ou no máximo igual a $37,0\text{ W/m}^3$:

$$GV \leq 37,0\text{ W/m}^3$$

-Avaliação: o cálculo do valor de GV da habitação em análise, que não inclui a ventilação (exigência 2.4.), deve seguir o método apresentado ao longo do item 1 do Anexo 5 e seus subitens.

-Comentário: através deste índice estamos limitando os ganhos de calor através da envolvente da habitação, de modo a obter-se uma temperatura interna igual ou inferior à da casa-padrão no verão.

2.3.2. A diferença entre as temperaturas ambientes médias orientadas, uma para a parede quente e a outra para a direção oposta, calculada no ambiente de permanência prolongada que apresente, para a menor área externa, o máximo de aberturas (elementos com elevado valor de U), estando o ponto a ser analisado a 1 m da parede externa, voltado para ela e localizado no centro da altura e da largura, deve ser inferior ou no máximo igual a $4,0\text{ }^\circ\text{C}$:

$$\Delta t_{\text{amb.or.}} \leq 4,0\text{ }^\circ\text{C}$$

-Avaliação: o cálculo deve ser feito de acordo com o exposto no item 2 do Anexo 5.

-Comentário: essa exigência visa impedir a ocorrência de desconforto devido às radiações térmicas oriundas das paredes quentes.

2.3.3.A diferença de temperatura entre a superfície interna do forro e o ar, em função do fator de forma entre uma pequena placa horizontal, colocada 0,60 m acima do piso e no centro do ambiente, e o forro, deve ser tal que no máximo 10 % das pessoas sintam-se desconfortáveis devido à radiação térmica proveniente da cobertura.

-Avaliação: a análise deve ser realizada com forme o método apresentado no item 3 do Anexo 5.

-Comentário: esta exigência visa limitar a sensação de desconforto que pode vir a ocorrer em consequência das radiações térmicas provenientes de uma cobertura quente.

2.4. Ventilação

A habitação deve ser provida de dispositivos que permitam a utilização do movimento do ar nos períodos quentes e nas épocas de alta umidade do ar; de modo inverso, deve ser provida de dispositivos que reduzam a movimentação do ar nas estações frias, permitindo haver uma ventilação higiênica, para manter a qualidade do ar na casa acima de um certo nível mínimo.

-Avaliação: a análise deve seguir o esquema de verificações listado no Anexo 6.

-Comentário: deve ser ressaltado que uma má utilização da ventilação pelo usuário pode tornar sem efeito ou reduzir em muito um bom desempenho térmico apresentado pelos diversos elementos da envolvente. A própria flexibilidade de soluções que se exige da ventilação faz variar o seu percentual de contribuição térmica frente aos demais elementos, resultando difícil estabelecer uma exigência única que reúna estes elementos e a ventilação. Por isto, fixou-se exigências em separado, as da envolvente em termos quantitativos e as da ventilação em termos fundamentalmente qualitativos. Estas dificuldades não invalidam que se fixem exigências para a envolvente da habitação, já que por meio delas se recebe uma orientação sobre a importância relativa de cada elemento que a compõe.

2.5. Títulos dos Anexos

Os seguintes anexos não constam neste trabalho:

- Anexo 1. Símbolos e unidades;
- Anexo 2. Descrição dos parâmetros físicos higrotérmicos;
- Anexo 3. Condições climáticas da região de Porto Alegre;
- Anexo 4. Análise do problema de inverno;
- Anexo 5. Análise do problema de verão;
- Anexo 6. A qualidade térmica em função da ventilação: um esquema das verificações a serem feitas.

3. CONCLUSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido a partir da preocupação básica do autor com o ní-

vel de qualidade de vida da população de baixa renda, limitando-se, no entanto, ao aspecto do conforto higrotérmico.

Salientou-se, desde o início, a importância de estabelecer exigências de desempenho, que fixem a qualidade necessária e a quantidade que corresponde à expectativa da população alvo. Neste ponto, a dificuldade inicial que se apresentou foi como definir as exigências mínimas a serem atendidas pelas diversas propostas construtivas. Optou-se por um caminho tradicional, já seguido em diversos países, qual seja, referir-se, em termos de desempenho, a padrões apresentados pelas técnicas convencionais de construção. A própria escolha deste padrão convencional de referência foi difícil. Resolveu-se utilizar uma casa muito difundida em nosso meio junto à população de baixa renda, que é a casa-COAHAB tipo RS 16-I.3-42, que parece atender as exigências de seus habitantes em termos de conforto higrotérmico.

Buscou-se com o trabalho atender a duas finalidades principais:

- a) permitir uma flexibilidade nas soluções, de modo a ter-se uma liberdade criativa nas diferentes propostas de sistemas construtivos;
- b) que a verificação das exigências seja de simples aplicação.

Parece-nos que a escolha de parâmetros indicadores de desempenho que globalizam os fenômenos, assim como outros que permitem uma análise particularizada, nos fornece a flexibilidade necessária na criação de diferentes propostas construtivas, na medida em que possibilita uma opção na escolha e uso dos diferentes componentes da envolvente da edificação para se obter o desempenho desejado. Destaca-se a proposta de um índice global de desempenho para o verão - GV -, que não é encontrado usualmente, sendo uma tentativa de analisar de forma integral o problema do verão, assim como é feito normalmente para o inverno.

Quanto à facilidade de aplicação das exigências, verificou-se que a avaliação a ser feita é bastante trabalhosa se realizada manualmente. Mas podem ser facilmente desenvolvidos programas computacionais bastante simples, possíveis de serem colocados até mesmo em calculadoras programáveis, e que facilitam a realização das verificações necessárias. Deste modo, chega-se a uma maneira bastante prática de avaliar o desempenho higrotérmico da envolvente de habitações térreas, conseguindo-se estabelecer limites bem definidos de aceitação e um método prático de avaliação. A partir de agora, o que se deve buscar é verificar se realmente o padrão estabelecido é ou não o mais adequado, o que só poderá ser feito após avaliações de diferentes propostas.

Outro ponto que fica em aberto é a verificação, a nível prático, da veracidade do modelo teórico usado como interpretação da realidade. Este parece ser um assunto fascinante para um novo trabalho, onde se disponha de instrumental para medição e registro de dados obtidos em exemplos reais.

Também deve-se procurar verificar na prática se os níveis de satisfação fixados no trabalho são realmente aqueles exigidos pelos usu-

ários das habitações populares.

As dificuldades percebidas para uma avaliação quantitativa da ventilação no verão chamam a atenção sobre a necessidade de realizar pesquisas nesta área, o que não invalida, porém, o caminho seguido no trabalho.

Um ponto de grande interesse que fica pendente é o do estudo de como se comporta este método de especificação para outras condições climáticas. Para sua aplicação, surge a dúvida de se podem continuar valendo os limites aqui estabelecidos, ou se devem ser alterados. Há uma tentação grande de pensar que continuam válidos, já que para exigências climáticas maiores a envolvente deverá ser melhorada em igual proporção, para manter-se dentro dos valores exigidos. Isto, contudo, deverá ser analisado em detalhe sob diversas condições.

Por fim, devemos ressaltar que a intenção inicial do trabalho é fornecer um subsídio para equacionar o tema da qualidade higrotérmica das habitações, de modo a enfrentar eficazmente o processo de rebaixamento da qualidade de vida da população destinatária dos planos habitacionais. Parece-nos que o trabalho contribui sistematizando o tema, dando uma saída plausível e colaborando para que se mantenha acesa a discussão em torno da qualidade de vida do nosso povo.

BIBLIOGRAFIA

- 1 AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *ASHRAE handbook 1981: fundamentals*. Atlanta, 1982.
- 2 AROZTEGUI, J.M. *Estudo das temperaturas internas de três conjuntos habitacionais COHAB-RS construídos com tecnologias diferentes*. Porto Alegre, UFRGS, NORIE, 1981.
- 3 _____. *Parâmetros do conforto térmico de Porto Alegre*. Porto Alegre, UFRGS, NORIE, 1977.
- 4 AROZTEGUI, J.M. & BRIZOLARA, A. *Abordagem do estabelecimento de exigências de desempenho térmico das paredes feitas de concreto de diversos tipos, quando aplicadas à habitação popular*. Porto Alegre, UFRGS, CPGEC, 1980.
- 5 COSTA, E.C. da. *Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural*. São Paulo, Edgard Blücher, 1982.
- 6 CROISSET, M. *Humedad y temperatura en los edificios: condensaciones y confort termico de verano y de invierno*. Barcelona, Ed. Técnicos Asociados, 1970.
- 7 EXEMPLES de solutions pour faciliter l'application du règlement de construction: I - Hygrotermique. *Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Batiment*, Paris, 135(1152)déc. 1972.
- 8 FANGER, P.O. *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. New York, McGraw-Hill, 1972.
- 9 FANGER, P.O. et alli. Comfort limits for heated ceilings. *ASHRAE Transactions*, New York, 86(Part 2):141-56, 1980.
- 10 FRANÇA. Centre Scientifique et Technique du Batiment. Le Groupe de Coordination des Textes Techniques. *Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction et des déperditions de base des batiments*. Paris, 1971.
- 11 _____. *Règles Th-K77: règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction*. Paris, 1977.
- 12 GIVONI, B. *Man, climate and architecture*. 2.ed. London, Applied Science Pub., 1981.
- 13 GOMES, R.J. *Condicionamento climático da envolvente dos edifícios para habitação: ensaio de aplicação ao caso da região de Lisboa*. Lisboa, LNEC, 1962. Diss. conc. investigador.
- 14 INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. Conforto higrotérmico. In: _____. *Avaliação do desempenho de habitações térreas unifamiliares*. São Paulo, Divisão de Edificações do IPT, 1981. v.4.
- 15 MARKUS, T.A. & MORRIS, E.N. *Buildings, climate and energy*. London, Pitman, 1980.
- 16 OLGAY, V. *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. New Jersey, Princeton University Press, 1963.
- 17 RIO GRANDE DO SUL. Companhia de Habitação. *Especificações para construção dos padrões habitacionais*. Porto Alegre, 1979.
- 18 RIVERO, R.O. *Vivienda: especificaciones, normas de calculo y nociones elementales sobre su acondicionamiento termico*. Montevideo, Facultad de Arquitectura, Servicio de Climatologia Aplicada a la Arquitectura, 1970.
- 19 RORIZ, M. *Curso de conforto termico em clima quente: climatização natural*. Goiânia, Instituto dos Arquitetos do Brasil, 1976.
- 20 STUMPF, S.J. de & MASCARÓ, L.R. de. *Manual técnico sobre ventilação natural dos edifícios*. Porto Alegre, UFRGS, PROPARG, 1982.