



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Educação a Distância da UFSM – EAD  
Universidade Aberta do Brasil – UAB**

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos  
Processos Produtivos**

**Polo: Quaraí**

**ESTRATÉGIAS DE CONDICIONAMENTO TÉRMICO PASSIVO PARA  
EDIFICAÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL – ESTADO DO RIO  
GRANDE DO SUL**

VIEIRA, Renata Dias<sup>1</sup>

SANTOS, Ísis Potorlan dos<sup>2</sup>

**RESUMO**

O trabalho tem como primícias buscar e apresentar estratégias de condicionamento térmico passivo, que possam ser utilizadas em edificações situadas em locais de clima subtropical, onde a temperatura varia bastante ao longo do ano, apresentando as quatro estações bem definidas.

O foco é pesquisar e evidenciar soluções que contemplem o condicionamento térmico dos ambientes desde a concepção do projeto arquitetônico, apresentando ao cliente as melhores opções do envelopamento de edificações – aliadas à qualidade estética –, garantindo o conforto dos usuários e visando reduzir o

---

<sup>1</sup> Arquiteta e Urbanista. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

<sup>2</sup> Arquiteta, Dr. Eng. Civil. Professora Orientadora. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS.

consumo energético com aparelhos de climatização.

O estudo foi elaborado através de revisão bibliográfica de eficiência energética, arquitetura passiva e caracterização do clima. Buscou-se encontrar e apresentar as estratégias mais adequadas de condicionamento térmico passivo de edificações, em zonas de clima subtropical.

Os resultados expostos giram em torno de estratégias de condicionamento, como o aquecimento solar, a ventilação natural e a inércia térmica. Evidencia, ainda, os materiais e técnicas construtivas mais eficientes, como o uso de paredes duplas, a vedação de aberturas e coberturas, a implantação de telhados verdes e o uso de Brise-Soleil (quebra-Sol). Essas soluções, desde que concebidas nos projetos, irão proporcionar maior conforto aos usuários com menor consumo energético ao longo da vida da edificação.

**Palavras-chave:** condicionamento térmico passivo, clima temperado, arquitetura bioclimática.

**ABSTRACT:**

This dissertation aims to search and present passive design strategies which could be used in buildings located in subtropical climate locations, focusing in Rio Grande do Sul, Brazil, where the temperature varies throughout the year with four well-defined seasons.

Its focus is to find and demonstrate solutions including the thermal conditioning of environments since the architectural project conception, presenting to the client the best options on building wraps – combined to aesthetic quality – ensuring the comfort of the users and reducing the energy consumption with air conditioning.

This study was prepared through bibliographic review of energy efficiency, passive architecture and climate characterization. It also searches and presents more appropriated passive design strategies for buildings in subtropical climate zones.

The exposed results offer insights into strategies of air conditioning such as solar heating, natural ventilation and the thermal inertia. It also highlights more effective materials and construction techniques such as the use of double walls, the sealing of openings and penthouses, the implementation of green roofs and the use of Brise-

Soleil. These solutions, provided that they are in the project, will offer more comfort to the users with lower energy consumption over the building life.

**Key-words:** passive design strategies, temperate climate, bioclimatic architecture.

## 1 INTRODUÇÃO

O grande crescimento populacional e a forte urbanização pela que o planeta está vivenciando traz uma série de consequências econômicas e sociais. Essa evolução populacional e demográfica aliada à poluição e ao uso desenfreado dos recursos naturais exerce um enorme impacto sobre o meio ambiente. Ao longo dos últimos anos, essa problemática tem sido bastante debatida e visando minimizar tal impacto – para garantir a existência de recursos naturais para as gerações futuras – novas soluções são procuradas, e dentre elas está a eficiência energética.

A eficiência energética busca obter o melhor desempenho no uso de um determinado equipamento ou sistema, com o menor gasto de energia. Existem diversas formas de contribuir com a eficiência energética, como a modernização de processos e equipamentos, programas governamentais de conscientização da população ou apoio a empresas para um uso mais eficiente dos equipamentos, ou o uso de novas tecnologias como as de aquecimento solar térmico ou o uso da arquitetura bioclimática.

Visando a redução de impactos ambientais, aliada ao conforto dos usuários das edificações, surgiu a arquitetura bioclimática, a qual se baseia em aproveitar os recursos naturais renováveis, como a luz e o calor solar e os ventos para melhorar o conforto do usuário da edificação. Desde o momento da concepção do projeto arquitetônico, as características bioclimáticas do local de implantação devem ser estudadas de maneira que os recursos sejam aproveitados de modo a favorecer o conforto térmico das mesmas.

As soluções que contemplam a arquitetura bioclimática, voltadas para o condicionamento térmico passivo, devem ser idealizadas desde a concepção do projeto arquitetônico. Cabe ao profissional projetista ter o conhecimento básico de como aplicar tais soluções, para que possam implantar em seus trabalhos e salientar aos clientes/usuários os benefícios financeiros e a importância ambiental de tais

escolhas.

O presente estudo tem como finalidade apresentar as estratégias de condicionamento térmico passivo, através do uso da arquitetura bioclimática, para locais que apresentam clima temperado, buscando elencar as diretrizes de uma edificação que com qualidades de conforto térmico aos usuários ao mesmo tempo que visa a redução de consumo energético.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Ao longo das últimas décadas, foi possível constatar o crescente aumento do interesse público em ações de sustentabilidade. Entre as diversas demandas que surgiram, a busca pela eficiência energética é uma delas, e se deve a duas razões principais. A primeira é pelo impacto econômico e representatividade dos custos gastos com energia, especialmente nos processos produtivos. A outra é a incerteza da disponibilidade de geração de energia futuramente. No Brasil 81,9% da matriz energética é hidráulica, fonte renovável de energia, contudo o consumo de energia elétrica é ascendente e a oferta interna não apresenta o mesmo crescimento, ou seja, a demanda está crescendo mais que a oferta (MME, 2012). Tal fato evidencia ainda mais a necessidade de se buscar maior eficiência energética e, conseqüentemente, menor consumo nos sistemas.

Segundo o MME, 2011

As ações de eficiência energética compreendem modificações ou aperfeiçoamentos tecnológicos ao longo da cadeia, mas podem também resultar de uma melhor organização, conservação, e gestão energética por parte das entidades que a compõem. Devem ser privilegiadas todas as ações que, na margem, tenham um custo inferior ao necessário para suprir a energia economizada.

Com o intuito de incentivar a redução de desperdícios, em 1985 foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o qual orienta a população através de programas de conscientização, como o Selo de Eficiência

Energética, que orienta os consumidores a adquirirem produtos mais eficientes energeticamente através de comparação dos selos em produtos similares. Em 2003 foi instituído o PROCEL EDIFICA (Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações) o qual promove o uso racional de energia em edificações, desde a sua fundação, com o objetivo de incentivar o uso eficiente de recursos naturais nas edificações, reduzindo os impactos sobre o meio ambiente. O PROCEL EDIFICA avalia os seguintes itens: (i) Envoltória; (ii) Iluminação; (iii) Condicionamento de Ar; (iv) Bonificação (economia de água, energia elétrica) e (v) Itens Gerais de Avaliação.

A eficiência energética nas edificações representa o potencial de atingir conforto térmico e visual aos usuários, com o menor consumo de energia possível. Podemos dizer que determinado edifício é mais eficiente energeticamente que outro, quando o primeiro oferecer o mesmo conforto térmico que o segundo, porém com menor consumo de energia.

## 2.2 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

A arquitetura bioclimática é o estudo que visa adequar às edificações de maneira harmônica ao meio onde estão inseridas, fazendo uso dos recursos naturais que esse meio oferece, através da orientação e insolação solar, bem como predominância dos ventos e topografia ou ainda criando microclimas com uso da vegetação adequada ou espelhos d'água. Ou seja, é poder tirar partido das condições naturais – e/ou criar soluções adequadas – que o local de implantação da edificação oferece.

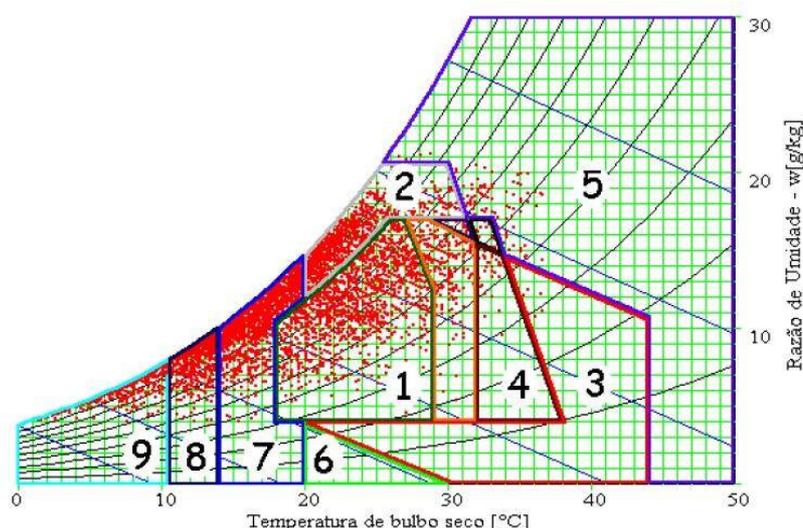
De acordo com LANHAM, GAMA e BRAZ (2004, p. 4)

A arquitetura bioclimática, sobre a qual baseamos este trabalho, pode ser definida como a projecção e construção de um edifício tendo em conta a análise do contexto climático em que este se insere, promovendo consequentemente uma melhoria das condições de conforto e uma minimização do consumo energético. Este tipo de arquitectura, é então um instrumento que permite manter a viabilidade de um “equilíbrio saudável” na construção, racionalizando tanto os recursos utilizados como os resíduos produzidos.

A arquitetura bioclimática preocupa-se também com desenvolvimento de técnicas para a melhoria dos sistemas essenciais para o uso da mesma, como o aquecimento solar de água e com a redução dos resíduos de obra. Como princípios básicos, apresenta: (i) a criação de espaços em ambiente saudável para os

moradores e usuários; (ii) a eficiência energética e consideração do ciclo de vida da estrutura edificada; (iii) a minimização de desperdícios e; (iv) o uso de fontes renováveis de energia e materiais que não agridam o meio ambiente.

Um dos métodos de estudo mais eficiente para obter dados a fim de proporcionar o conforto térmico das edificações é através de uma Carta Bioclimática (Figura 01), a qual apresenta as condições de temperatura e umidade – através zonas de conforto térmico – e relaciona às estratégias da edificação, com o objetivo de minimizar o desconforto térmico. Tal carta é uma adaptação da carta de Givoni, que após anos de estudo obteve os níveis em que o organismo humano se sentia em conforto no ambiente interno, para países em desenvolvimento.



1- Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial

Figura 01 – Carta Bioclimática para a cidade de Porto Alegre. Fonte: GOULART, 1998.

Analisando a carta acima – adaptada para Porto Alegre, cidade localizada em área de clima temperado – pode-se observar diversas zonas existentes. O polígono “1” é a zona de conforto (Figura 02), a qual corresponde a 22% do tempo e significa nenhuma estratégia precisa ser tomada nesse intervalo. Os percentuais apresentados foram adaptados considerando as interseções da carta, portanto alguns pontos foram computados mais de uma vez e a soma total ultrapassa os 100%. (GOULART, 1998)



Figura 02 – Zona de Conforto. Fonte: LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014.

O desconforto gerado pelo calor corresponde a 33,8%, está situado nas zonas 2 - de ventilação (23,4%), 3 - de resfriamento evaporativo (4,5%), 4 - de massa térmica para resfriamento (4,5%) e 5 (1,4%) - de ar condicionado. O que significa que, se as construções fossem adequadas à arquitetura bioclimática, precisaríamos usar o ar condicionado, com fins de resfriamento apenas 1,4% do tempo.

O desconforto gerado pelo frio corresponde a 51,4%, está compreendido nas zonas, 7 - massa térmica para aquecimento/aquecimento solar (33,7%), 8 aquecimento solar passivo (11,7%) - e 9 - aquecimento artificial (6,0%). Para que um ambiente, projetado com todas as orientações da arquitetura bioclimática, esteja em conforto nos períodos de frio, seria necessário a utilização de aquecimento artificial em 6% do tempo.

Esses dados evidenciam ainda mais a importância de se adotar a arquitetura bioclimática, pois mostram como o uso de ar condicionado e aquecedores poderia ser reduzido para menos de 8% do tempo. Cabe salientar que para alcançar esse percentual seria necessária uma construção ideal, que contemplasse todos os princípios da arquitetura bioclimática, o que pode ser difícil em edificações na zona urbana, já que devem ser adaptadas aos terrenos e construções vizinhas.

### 2.3 CONDICIONAMENTO TÉRMICO PASSIVO

O condicionamento térmico passivo é parte da arquitetura bioclimática, porém foca nas estratégias de projeto arquitetônico que devem ser assumidas para a garantia de um ambiente com mais conforto térmico adequado a condições

específicas de clima e hábitos.

O condicionamento evidencia que as construções devem se adequar ao meio e harmonizar os recursos naturais existentes com a edificação, utilizando soluções tais como: insolação solar direta, indireta ou isolada; garantia de ventilação cruzada; possibilidade de incidência solar através de aberturas zenitais; forma e compactidade do edifício; massas de ar para aquecimento ou resfriamento e inércia térmica. Essas estratégias buscam a redução do consumo de energia com climatizadores durante o período do dia e da noite.

Alguns materiais e técnicas construtivas devem ser observados para a garantia de que as técnicas de condicionamento serão eficazes, além de manuais que devem ser entregues para os usuários especificando como deve ser o uso das estratégias mais distintas utilizadas, em especial a parede trombe e a inércia térmica, que serão apresentadas ao longo do trabalho.

O condicionamento passivo, além de ser importante para a eficiência energética em geral, hoje está em evidência e muitos profissionais estão retomando estratégias amplamente utilizadas no passado, que foram “esquecidas” durante um período em que a preocupação energética não era um problema. Segundo LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA (2014, p. 14) “O conseqüente “edifício estufa” foi então exportado como símbolo de poder, assim como sistemas de ar condicionado e megaestruturas de aço e concreto, sem sofrer readaptações às características culturais e climáticas do local de destino.”

A fim de regulamentar os níveis de desempenho mínimos das edificações, buscando atender os usuários, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas implementou normas relativas ao desempenho das mesmas. Existem duas normas que tratam do desempenho das edificações como um todo, são elas: a NBR 15.220 do ano de 2005 e uma versão corrigida de 2008 e a NBR 15.575, que entrou em vigor no ano de 2013.

A NBR 15.220, de 2005 é “Desempenho Térmico de Edificações” e se divide em cinco partes. Parte 1: Definições, símbolos e unidades; Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações; Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, a qual apresenta estratégias de condicionamento térmico passivo para as zonas

bioclimáticas do país e diretrizes construtivas para aberturas de ventilação, paredes e coberturas (Figura 03); Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida e; Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

zona	estratégias		aberturas para ventilação A (em % da área de piso)	sombreamento das aberturas	parede			cobertura		
	verão	inverno			U	$\phi$	FS <sub>0</sub>	U	$\phi$	FS <sub>0</sub>
1		aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,0 (parede leve)	≤ 4,3	≤ 5,0	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
2	ventilação cruzada	aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,0 (parede leve)	≤ 4,3	≤ 5,0	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
3	ventilação cruzada	aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,6 (parede leve refletor a)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
4	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa	aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	sombrear aberturas	≤ 2,2 (parede pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
5	ventilação cruzada	vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	sombrear aberturas	≤ 3,6 (parede leve refletor a)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
6	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa	vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	sombrear aberturas	≤ 2,2 (parede pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
7	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa		pequenas 10% < A < 15%	sombrear aberturas	≤ 2,2 (parede pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 2,0 (pesada)	≤ 6,5	≤ 6,5
8	ventilação cruzada permanente OBS: o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes		grandes A > 40%	sombrear aberturas	≤ 3,6 (parede leve refletor a)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 2,3,FT (leve refletor a)	≤ 3,3	≤ 6,5

Figura 03 – Resumo das diretrizes construtivas definidas pela NBR 15220-3. Fonte: LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014.

Após anos de revisão e estudos, entrou em vigor a NBR 15.575 – Edificações habitacionais – Desempenho, que se divide em seis partes: Parte 1: Requisitos gerais; Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais; Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos; Parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas e; Parte 6:

Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Essa norma complementa a NBR 15.220 e trata do desempenho das edificações habitacionais, com enfoque nos requisitos dos usuários para as edificações habitacionais e seus sistemas, institui níveis de desempenho mínimo ao longo de uma vida útil para os elementos principais, através da padronização dos métodos de cálculo das variáveis que interferem no desempenho. Tal evento está fazendo com que, a cada dia, mais profissionais busquem projetar utilizando o condicionamento térmico passivo, buscando, também atender às normas em vigência.

## 2.4 CLIMA SUBTROPICAL

Segundo a classificação global climática de Köppen-Geiger (Figura 04), que é o sistema mais utilizado ao redor do mundo para obtenção de informações climáticas, o Rio Grande do Sul está na zona Cfa: Clima subtropical, com verão quente. O “C” caracteriza como temperado: clima mesotérmico, com temperatura média nos meses mais frios entre - 3 °C e 18 °C, temperatura média do mês mais quente superior a 10 °C (EMBRAPA, 2013).

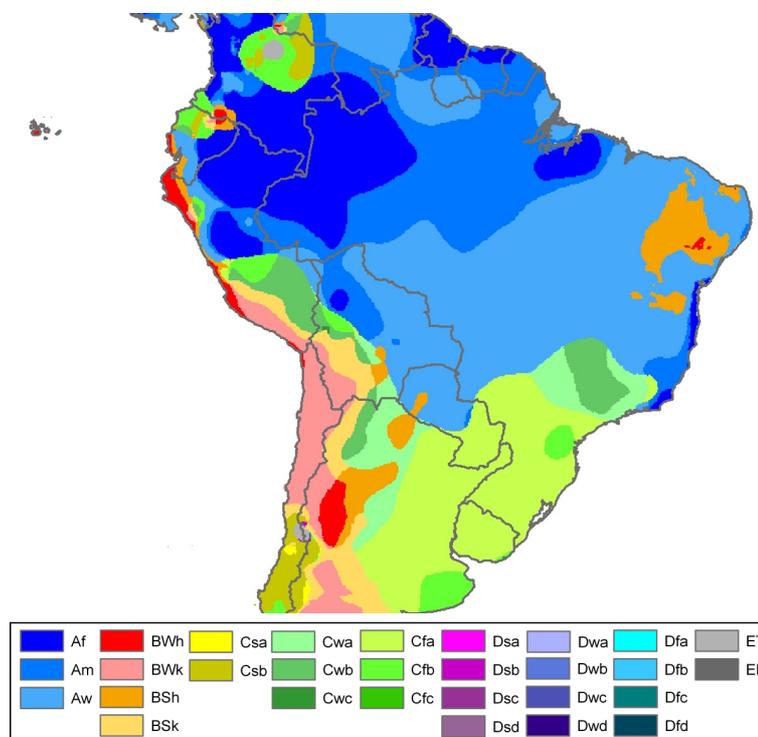


Figura 04: Climas do Brasil, segundo Köppen-Geiger.  
 Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Clima\\_tropical\\_de\\_altitude](http://pt.wikipedia.org/wiki/Clima_tropical_de_altitude).

Neste tipo de clima, em geral as estações do ano são bem definidas e as peculiaridades de cada uma delas podem ser observadas em toda a extensão do Estado. O clima, porém, tem algumas variações consideráveis nas diversas regiões, condicionado por suas altitudes e a distância da costa marítima.

Os invernos são mais rigorosos nas serras, onde há ocorrência de geada e, eventualmente, chega a nevar; nessa estação, é mais frequente a aparição do vento minuano, que tem origem polar (massa de ar polar atlântica), de orientação sudoeste. As temperaturas mínimas variam de 9°C a 11°C, mas é comum, especialmente nas áreas serranas, os termômetros marcarem temperatura negativa. Além disso, o inverno é uma estação bastante úmida.

Os verões são quentes, ao longo de todo o Estado, com temperaturas máximas em torno de 30°C ao longo da costa e um pouco mais amenas nas regiões de maior altitude. As mínimas variam entre 16°C e 20°C também em função da sua elevação.

A pluviosidade é regular, com chuvas bem distribuídas pela extensão territorial e em todos os períodos do ano. A média pluviométrica anual é de 1.643mm.

As estratégias de condicionamento térmico passivo, apresentadas nesse trabalho são voltadas para o clima subtropical (também classificado como temperado úmido), especialmente para o estado do Rio Grande do Sul, o qual apresenta as características apresentadas nesse tópico.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

A finalidade do trabalho é discutir sobre as soluções de arquitetura passiva existentes que possam ser aplicadas em locais onde o clima é subtropical, visando minimizar assim, o uso de energia elétrica – com climatizadores e iluminação artificial diurna de ambientes – em edificações.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Descrever e analisar as condições do clima subtropical, evidenciando

as causas de desconforto geradas pela temperatura;

- ✓ Evidenciar as principais soluções e técnicas encontradas, através de revisão bibliográfica, de arquitetura passiva, com resultados satisfatórios no Rio Grande do Sul e fornecer informações gerais de sua utilização;
- ✓ Indicar premissas de utilização da arquitetura bioclimáticas no estado de forma a evidenciar esse tema para a população em geral (clientes/usuários) e colaborar com os profissionais da área da construção civil.

#### **4 METODOLOGIA**

O presente trabalho é baseado nas possibilidades já existentes e tem o intuito de, através de revisão bibliográfica, encontrar as estratégias adequadas de condicionamento térmico passivo de edificações, em zonas de clima subtropical, que possam ser aplicadas no Estado do Rio Grande do Sul.

As principais estratégias, materiais e técnicas construtivas expostas, estão apresentadas visando salientar como podem se adequar ao clima subtropical e como devem ser aplicadas nos projetos de edifícios. Tais soluções estão detalhadas e exemplificadas, através de levantamentos fotográficos e croquis esquemáticos, focados nos benefícios adquiridos com o uso de cada um dos recursos expostos.

#### **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para o clima do estado do Rio Grande do Sul os princípios que devem ser observados, buscados ou evitados são as constantes trocas de calor, já que o clima apresenta temperaturas extremas, tanto de calor como de frio. No inverno devemos promover ganhos através da radiação e resistir às perdas através da condução e convecção. Para buscar maior conforto no verão é preciso resistir aos ganhos através da condução, da convecção e da radiação, além de promover a ventilação adequada. Essas estratégias podem ser obtidas fazendo uso da atmosfera, do solo, do Sol ou através de materiais e técnicas construtivas.

A radiação solar pode ser utilizada de forma ativa, como energia solar térmica, que utiliza a radiação solar para aquecimento dos fluidos e; energia solar fotovoltaica, que consiste em transformar diretamente a irradiação em energia elétrica para utilização. Ou pode ser utilizada de forma passiva, através da arquitetura bioclimática, que deve projetar as edificações de maneira que essas recebam as incidências solares desejáveis para aquecimento, iluminação e direcionamento de ar (SANTOS, 2013). Apenas as possibilidades através radiação solar passiva serão tratadas nesse trabalho.

## 5.1 AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO E MASSA TÉRMICA COM AQUECIMENTO SOLAR

Fazer uso do Sol e seus inúmeros benefícios, em projetos arquitetônicos é uma das principais premissas da arquitetura bioclimática, além de ser estratégia fundamental na busca de um edifício sustentável. Para obter um resultado satisfatório com os níveis de aquecimento solar é essencial que os mesmos sejam contemplados desde o momento da concepção do projeto. Os ganhos solares que podem ser integrados, inicialmente devem ser captados, para após serem armazenados e finalmente distribuídos.

A Terra tem dois movimentos principais: a rotação e a translação. A rotação em torno de seu eixo é responsável pelo ciclo dia-noite, já a translação se refere ao movimento da Terra em sua órbita em torno do Sol e é o movimento que nos interessa nesse estudo, já que as estações tem sua origem pela inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à perpendicular ao plano definido pela órbita da mesma. No verão, o Sol tende à perpendicular à localização nas latitudes intermédias – caso do estado do Rio Grande do Sul – o que o faz com que haja maior aquecimento e no inverno a inclinação faz com que sua incidência seja mais amena (MOITA, 1988).



Figura 05: Inclinação solar. Fonte: <http://pousonaserra.com.br>.

Para a captação da energia solar, deve-se projetar áreas envidraçadas voltadas para a orientação solar que melhor se adapte à zona de inserção. Como o enfoque desse estudo é para o clima subtropical, a orientação ideal para a maior captação solar é a Norte. O uso de materiais construtivos com maior capacidade de absorção é fundamental para a garantia de manutenção da energia captada. A distribuição se dará através de mecanismos de convecção natural, condução ou radiação. Existem três tipos de aquecimento solar (GONÇALVES e GRAÇA, 2004; MENDONÇA, 2005)

#### 5.1.1. Direto

É a forma mais simples e mais utilizada, normalmente por áreas envidraçadas bem orientadas (Figura 06), possibilitando que haja maior incidência de radiação no espaço – paredes e pavimentos. Cabe salientar que soluções para bloquear a insolação em excesso no verão devem ser tomadas, algumas possíveis serão apresentadas no decorrer do trabalho (GONÇALVES e GRAÇA, 2004; MENDONÇA, 2005; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

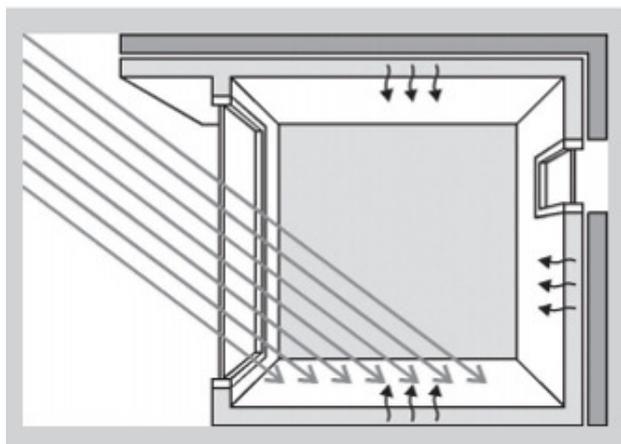


Figura 06: Sistema Ganho Direto. Fonte: GONÇALVES e GRAÇA, 2004.

O ideal é que sejam utilizadas aberturas voltadas para a face Norte ou aberturas zenitais, desde que haja um sistema eficaz de controle da insolação direta e proteção do ambiente (ANDRADE, 2004; GARROCHO, 2005). A Figura 07 mostra um exemplo de ganho solar direto na face norte e a Figura 08 apresenta um exemplo de ganho solar direto zenital, através de uma claraboia.



Figura 07: Fachada norte envidraçada. Casa La Boyita, Punta Del Este, Uruguai. Fonte: <http://www.homedsgn.com>.



Figura 08: Clarabóia da sede da Prefeitura Municipal de Pelotas-RS. Fonte: <http://www.pelotas.rs.gov.br>.

#### 5.1.2. Indireto – Parede Trombe

Nos sistemas de ganho indireto (Figura 09), a massa térmica do material que irá armazenar o calor é posta entre a superfície que irá receber a radiação diretamente – neste caso o vidro – e o espaço que irá aquecer, caracterizando uma parede coletora. A massa irá absorver a energia solar incidente e será transferida para o ambiente conforme se julgar necessário (GONÇALVES e GRAÇA, 2004;

MENDONÇA, 2005; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

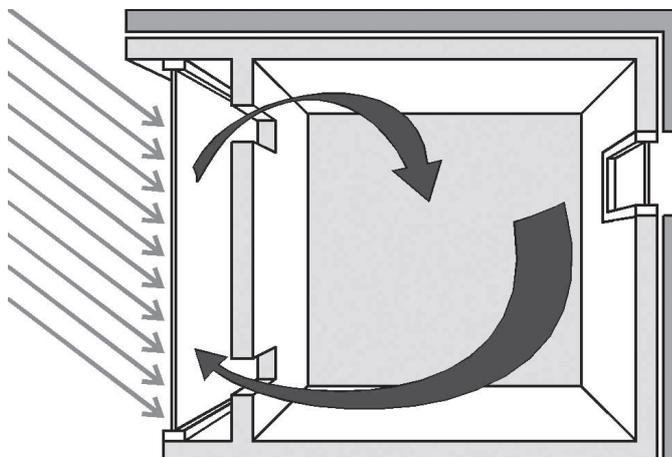


Figura 09: Sistema Ganho Direto. Fonte: GONÇALVES e GRAÇA, 2004.

Parede trombe: idealizada por Félix Trombe e o Arquiteto Jacques Michel, na década de 60 é um dos sistemas de ganho indireto que podemos utilizar em construções em locais de clima subtropical, possibilita ganhos por condução e convecção. É um sistema que terá melhor desempenho quando orientado para a face norte também, de forma a maximizar o ganho da maior incidência solar. A parede interna deve ser uma parede maciça (tijolo maciço, betão ou pedra) com espessura entre 10 e 30cm, com sua face externa pintada de cor escura preferencialmente, para aumentar a captação solar incidente e ser dotada de ventilação no topo e na base. O anteparo externo deve estar situado de 10 a 15cm da parede maciça e ser de vidro ou algum elemento transparente, que permita a passagem dos raios solares e possibilite a entrada de ar na base e a saída de ar no topo. O espaço entre as duas estruturas cria um “efeito estufa”, com temperatura variando entre 30 e 60°C e através de sistemas de ventilação na parede interna torna-se possível transmitir esse calor armazenado para o interior do edifício imediatamente ou não (GONÇALVES e GRAÇA, 2004; MENDONÇA, 2005).

No inverno (Figura 10-1), a parede de vidro será aquecida com a radiação direta e os dois orifícios podem ser mantidos abertos para a circulação de ar. Devido a diferença de densidade entre o ar quente e o ar frio, haverá convecção natural na caixa de ar, ou seja, o ar quente irá subir (menos denso) e entrar no ambiente, enquanto o ar mais frio (mais denso) sairá pela abertura inferior, retornando

novamente depois de aquecido. Para fins de aperfeiçoar ainda mais os ganhos o ideal é que as ventilações fiquem abertas durante o dia e que assim que o ocorrer o pôr do Sol acontecer que os orifícios sejam fechados, para manter o ciclo de convecção se movendo na direção correta (GONÇALVES e GRAÇA, 2004; MENDONÇA, 2005).

Para a primavera e o outono (Figura 10-2) deve-se aproveitar o aquecimento ao longo do dia, utilizando apenas abertura superior da parede interna, já que não é necessário reaquecer o ar interno. É preciso, também, garantir uma forma de ventilação no orifício inferior da parede de vidro, para que o ar mais frio possa entrar na área de estufa (GONÇALVES e GRAÇA, 2004; MENDONÇA, 2005).

Para garantir o menor ganho de calor no verão (Figura 10-3), é necessário deixar a ventilação externa superior aberta e a ventilação de base inferior também, possibilitando a circulação de ar, a qual não deve adentrar o ambiente; assim cria-se uma circulação forçada que retira o ar já aquecido do interior da edificação. O ideal é evitar que o ar da presente na estufa receba toda a insolação que venha a incidir nessa parede – mesmo com a incidência solar menos inclinada – através de proteções como beirais, brises horizontais ou películas no vidro (GONÇALVES e GRAÇA, 2004; MENDONÇA, 2005).

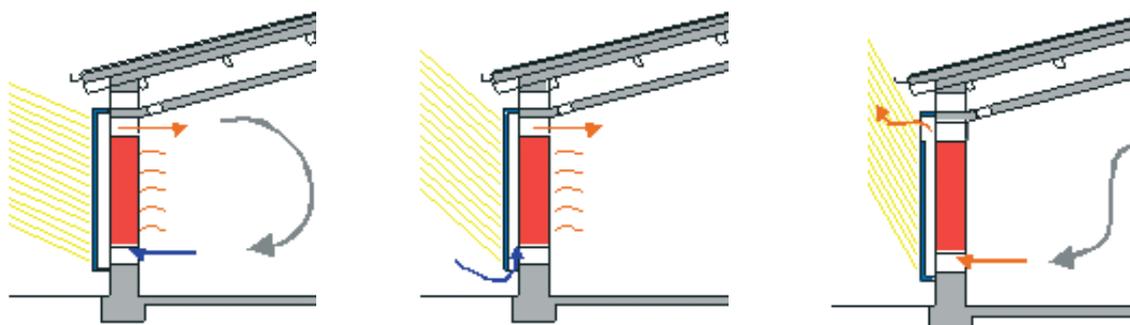


Figura 10: 1 - Parede trombe inverno; 2 - primavera/outono; 3 - verão. Fonte: GONÇALVES e GRAÇA, 2004.

A Figura 11 mostra uma parede trombe em toda a face de uma residência, idealizada por Félix Trombe. A Figura 12 apresenta uma imagem do interior da parede trombe, onde a parede externa é feita com pedra e a interna com painéis de vidro.



Figura 11: The Solar House, Odeillo, France, 1967. Félix Trombe. Fonte: <http://jjureidini.wordpress.com>.

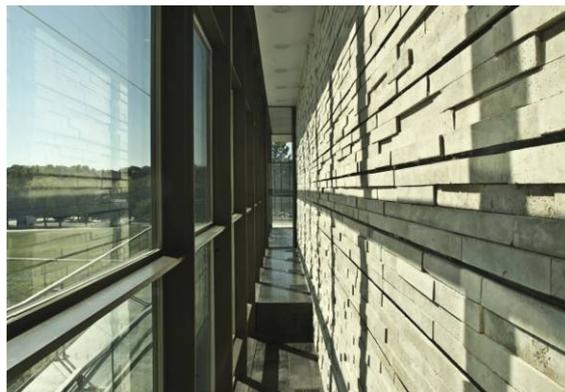


Figura 12: Área de efeito estufa. Fonte: <http://eer8ja.wordpress.com>.

Cabe salientar que para o funcionamento ideal da parede trombe, os usuários devem estar cientes do funcionamento da mesma e fazer o controle correto das aberturas.

### 5.1.3. Isolado

Nos sistemas de ganhos isolados os dois princípios apresentados anteriormente, o ganho direto e o ganho indireto, são combinados. A captação e o armazenamento dos raios solares não se encontram em um ambiente habitado e sim em uma zona ampla de estufa (Figura 13). O calor armazenado na estufa, obtido através do ganho direto pode ser transmitido imediatamente por circulação de ar para o ambiente vizinho ou pode, ainda, ser conservado para posterior aquecimento, através do ganho indireto. É muito indicado para zonas com incidência de dias com céu encoberto, fato que acontece na região sul do Brasil, pois possibilita ganhos através da radiação difusa, sua melhor orientação para inserção é a Norte, devido a maior incidência solar (GONÇALVES e GRAÇA, 2004; MENDONÇA, 2005).

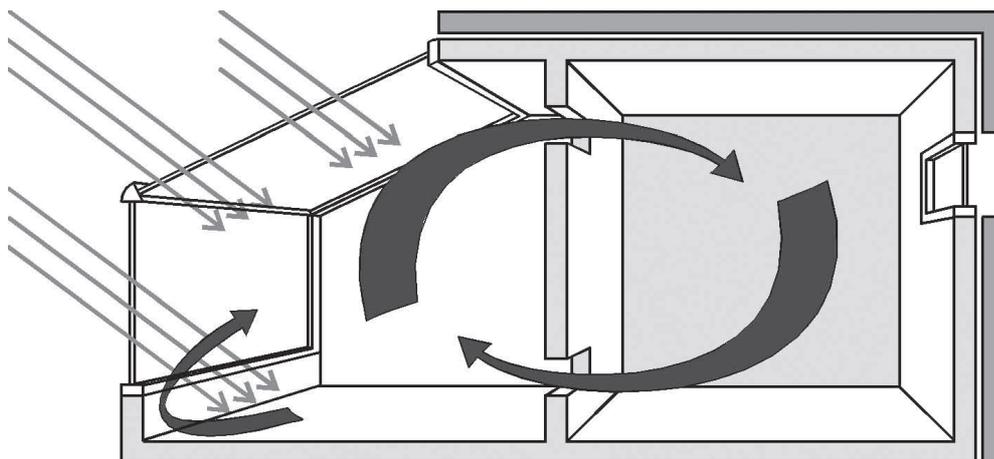


Figura 13: Sistema Ganho Isolado. Fonte: GONÇALVES e GRAÇA, 2004.

Dispositivos de sombreamento devem ser idealizados a fim de reduzir a entrada de radiação na estufa nos meses de verão, nos quais o aquecimento deve ser evitado, através do uso de vegetação caduca ou anteparos para sombreamento. Como os verões têm sido muito rigorosos, é ideal que se possibilite uma maneira de “desativar” a estufa, ou por remoção dos vidros que fazem seu fechamento ou por colocação de placas que isolem a edificação da estufa, evitando assim sobreaquecimento do ambiente (MOITA, 1988).

As Figuras 14 e 15 mostram uma moradia unifamiliar com a presença de estufa para ganho isolado de calor e com solução de vegetação caduca para minimizar a incidência solar no verão.



Figura 14: Residência no inverno.



Figura 15: Residência no verão.

Vale do Rosal, Portugal. Arq. Fausto Simões. Fonte: GONÇALVES e GRAÇA, 2004.

## 5.2 INÉRCIA TÉRMICA

A inércia térmica é a capacidade da construção de absorver e liberar calor. Em edificações com baixa inércia térmica, a variação de temperatura interna será próxima à variação externa. Já em edificações com elevada inércia, os picos de temperatura no ambiente externo serão minimizados internamente. A inércia térmica é a propriedade em que o calor se move através do material, enquanto a massa térmica é a capacidade do material de armazenar tal calor. As principais características que influenciam a massa térmica de um material são: a densidade, que é diretamente proporcional; a condutividade: para o material ser considerado um bom condutor, o calor deve fluir com facilidade em seu interior; a refletividade: cores escuras, foscas e com texturas absorvem mais calor, portanto são indicadas e; o volume: também diretamente proporcional (SUZUKI, 2012).

As massas térmicas desempenham um importante papel de estabilização das condições para o conforto dos usuários no interior de um edifício, quanto maior a massa térmica, menor será a variação da temperatura interna do mesmo, já que essa massa irá causar um “atraso” na transmissão do calor para o ambiente. Durante o dia a massa irá absorver o calor gerado pelo Sol e no período da noite a massa irá liberar o calor armazenado. As massas podem ser direcionadas para o aquecimento ou para o resfriamento (GONÇALVES e GRAÇA, 2004; MENDONÇA, 2005).

A massa térmica para aquecimento tem grande potencial de aplicabilidade para o clima subtropical, nos meses mais frios, ela compreende elementos (paredes e cobertura) de elevada capacidade térmica de retenção do calor, os quais devem liberar essa energia armazenada conforme a temperatura de um dos lados fique mais baixa. A ventilação deve ser minimizada, para que as superfícies aquecidas não se resfriem rapidamente. Para evitar sobreaquecimento no verão – o calor será transmitido para o interior cerca de 8 a 10h após a absorção – a ventilação deve ser utilizada durante a noite, visando eliminar a onda de calor para tornar o ambiente mais fresco. A parede trombe, detalhada no subcapítulo 5.1.2, pode ser considerada uma estratégia eficaz de massa térmica de aquecimento (VIEIRA, 2008; LAMBERTS et al 2010).

A massa térmica para resfriamento, utilizada para o clima subtropical, deve ser utilizada para retardar o fluxo de calor para o interior da construção, no verão.

Não é ideal para, efetivamente, fazer o resfriamento da edificação, já que essa técnica é indicada para locais de elevada amplitude térmica diária, caso das áreas desérticas, que não é o clima em estudo (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

### 5.3 VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação nas edificações pode ser gerada por meios mecânicos, através de ventiladores e exaustores ou pode ser obtida naturalmente, gerada pela diferença de pressão estática ou dinâmica das paredes interior x exterior – por densidade – ou devido à ação dos ventos (TOLEDO, 2001).

Segundo Toledo (2001, p. 02) “Apresenta três funções básicas: a renovação do ar respirável, o conforto térmico dos usuários e o resfriamento da envolvente do edifício”. É fundamental para a obtenção de temperaturas mais amenas nos ambientes internos, em determinados períodos do ano (estações mais quentes) ou do dia, além de propiciar higienização para os ambientes (MOITA, 1988).

A orientação da edificação deve estar adequada de maneira que fique exposta aos ventos que se procura, ou seja, as aberturas devem estar voltadas para o vento mais refrescante no verão (norte e nordeste) e devem ser evitadas aberturas ou criadas barreiras (muros, vegetações, elevações) para os ventos mais cortantes no inverno. O vento minuano, muito presente no sul do país, deve ser evitado, por se tratar de um vento frio, com origem polar, sua orientação é a sudoeste (CAMARGO, 2002; MENDONÇA, 2005).

A forma das construções também deve ser observada, buscando a garantia de um movimento de ventilação adequado, devido aos efeitos aerodinâmicos do vento. Quanto mais compacto o edifício, ou seja, com menos saliências e reentrâncias, menor será a perda de calor e melhor será o ser condicionamento térmico. A Figura 16 mostra algumas formas volumétricas e os fluxos de vento e sotavento geradas em seu entorno (MOITA, 1988).

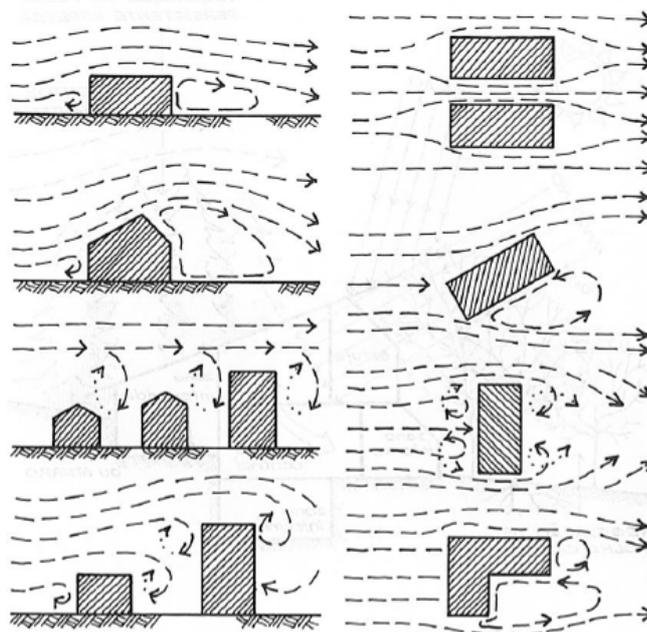


Figura 16: Forma x efeitos aerodinâmicos. Fonte: MOITA, 1988.

A permeabilidade leva em consideração as aberturas e respectivas posições nas fachadas. No decorrer do trabalho, através de descrição, croquis e imagens, serão apresentadas estratégias de captação e liberação dos fluxos de ar desejados e indesejados e suas posições. A permeabilidade deve estar presente nas ligações interiores também, de maneira a possibilitar ventilação em todos os ambientes, criando um espaço de ventilação conjunta, a qual considera toda a edificação como uma única (VIEIRA, 2008; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

O tipo e a configuração das aberturas é outro fator importante de ser avaliado na concepção e detalhamento de projetos. Alguns tipos de janela não possibilitam 100% de ventilação do vão idealizado, portanto é preciso observar as necessidades e fazer as devidas especificações. Essa escolha depende, além de considerar os aspectos ambientais, da função do espaço, aspectos estéticos, custos, possíveis vistas, privacidade e segurança. A Figura 17 apresenta os tipos mais utilizados de janela e suas respectivas áreas úteis de ventilação e a Figura 18 mostra opções de venezianas móveis, as quais possibilitam ajustes conforme a necessidade de insolação, ventilação e privacidade. (BITTENCOURT, 2010; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

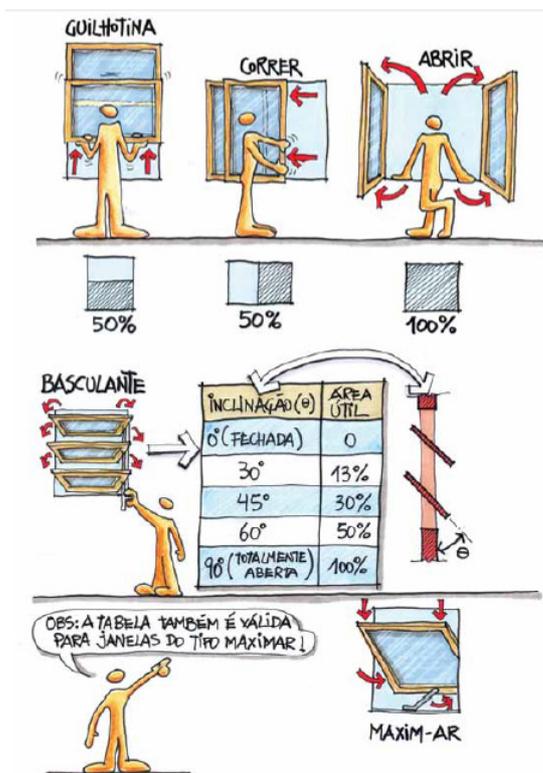


Figura 17: Forma x efeitos aerodinâmicos.  
Fonte: LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014.

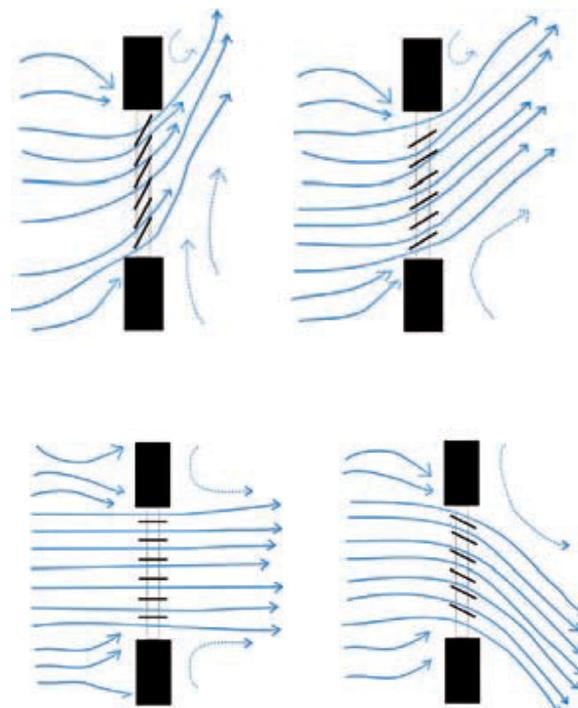


Figura 18: Venezianas móveis permitem a regulação do fluxo de ar. Fonte: BITTENCOURT, 2010.

Nesse trabalho veremos os tipos mais indicados de ventilação natural, eficientes para o clima subtropical, com foco no Estado do Rio Grande do Sul:

### 5.3.1 Ventilação Cruzada Horizontal – Por Ação Dinâmica do Vento

É uma das técnicas mais eficazes e mais utilizadas nas construções de clima subtropical, dependem dos fatores mencionados acima, como a orientação, o tipo e a configuração das fenestrações. Consiste, basicamente, em ter duas aberturas em paredes opostas de uma área e estarem posicionadas no sentido dos ventos locais e visa renovar o ar no interior da edificação e proporcionar maior conforto aos usuários substituindo o ar quente por ar fresco (MENDONÇA, 2005; BITTENCOURT, 2010). A Figura 19 evidencia o efeito da ventilação no ambiente conforme a disposição das aberturas. A Figura 20 mostra que quando as entradas de ar são maiores que as saídas, o fluxo de ar é reduzido, o que propicia reduzir o a distribuição mais uniforme da velocidade do ar no interior do ambiente.

LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA (2014, p. 185) sugere, embasado em revisões bibliográficas, que as aberturas podem ser em paredes adjacentes e não

apenas opostas, porém BITTENCOURT (2010, p. 57) mostra, também através de revisão bibliográfica, que essa solução não é partilhada por outros autores, pois acreditam que as aberturas adjacentes só são eficientes se tiverem uma forma predominantemente horizontal. Nesse trabalho serão apresentadas apenas as soluções de ventilação cruzada em plano opostos.

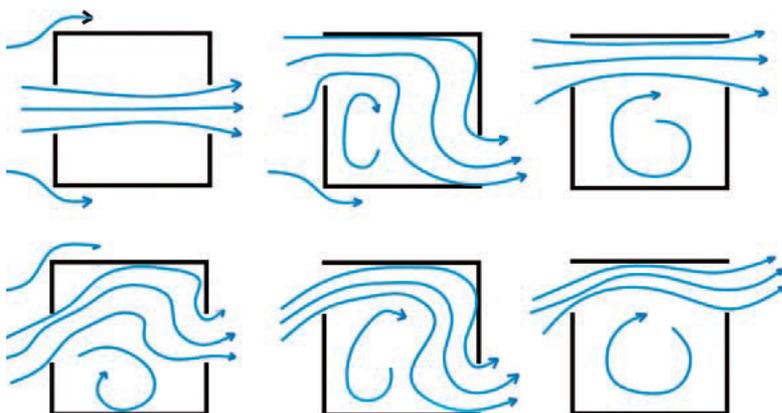


Figura 19: Efeito da localização das aberturas em paredes opostas.  
Fonte: BITTENCOURT, 2010.

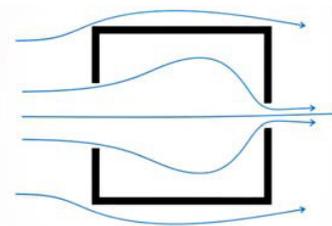


Figura 20: Fluxo de ar x aberturas de saída. Fonte: BITTENCOURT, 2010.

Cabe destacar que a presença de divisórias, anteparos, repartições e mobiliário, alteram o fluxo de ar e podem prejudicar a eficiência de ventilação (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

Em situações onde é impossível trabalhar com a ventilação cruzada em paredes opostas ou adjacentes, o uso de duas aberturas afastadas em uma mesma parede, ao invés de apenas uma abertura com maior dimensão, pode qualificar a ventilação (Figura 21).

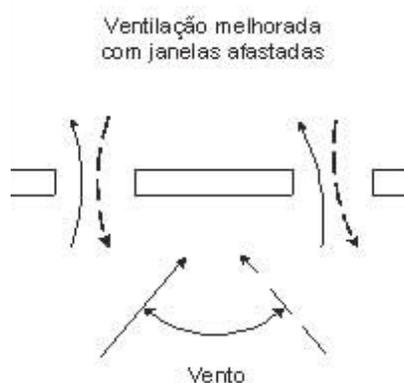


Figura 21: Ventilação simples de duas aberturas. Fonte: GONÇALVES e GRAÇA, 2014.

As Figuras 22 e 23 apresentam uma escola, que faz uso da ventilação cruzada. Em escolas e centros onde há concentração de pessoas é muito indicado que se faça uso da ventilação cruzada, pois além de diminuir a temperatura interna contribui para a salubridade do ambiente. A Imagem 22 evidencia a circulação às salas de aula, com janelas altas das mesmas voltadas para tal espaço e a Imagem 23 mostra as ventilações principais das salas, voltadas para a área externa diretamente.



Figura 22: Vista do pátio interno.



Figura 23: Vista da área externa.

Escola Estadual Erich Walter Heine, Rio de Janeiro-RJ. Projeto Escritório Arktos.  
Fonte: <http://arcoweb.com.br/finestra>.

É importante que as aberturas possuam algum tipo de proteção horizontal, para evitar a insolação direta nos ambientes, nos períodos mais quentes, como a utilização de beirais, marquises, varandas e brises. Tais elementos afetam levemente a profundidade da esteira do vento, independente da sua orientação, já o uso de vegetação influencia na configuração do vento em função de sua forma e dimensão e devem ser considerados.

### 5.3.2 Ventilação Cruzada Vertical – Efeito Chaminé

A ventilação cruzada vertical também é uma técnica bastante eficaz e de fácil implantação no clima em estudo. Conforme já apresentado anteriormente, as camadas de ar quando em temperaturas diferentes, apresentam densidades diferentes, o ar mais quente é menos denso, portanto ele tende a subir, tal fenômeno pode ser usado como estratégia de arquitetura passiva, desde que bem projetado (Figura 24). Essa estratégia torna-se mais eficiente quando há uma distância de 5m

ou mais entre as aberturas inferiores e superiores (VETTORAZZI, RUSSI & SANTOS, 2010; BITTENCOURT, 2010). O uso de lanternins e mansardas, bastante utilizados em sótãos e áticos, pode ser muito positivos para auxiliar esse efeito (RUSSI ET AL, 2012; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

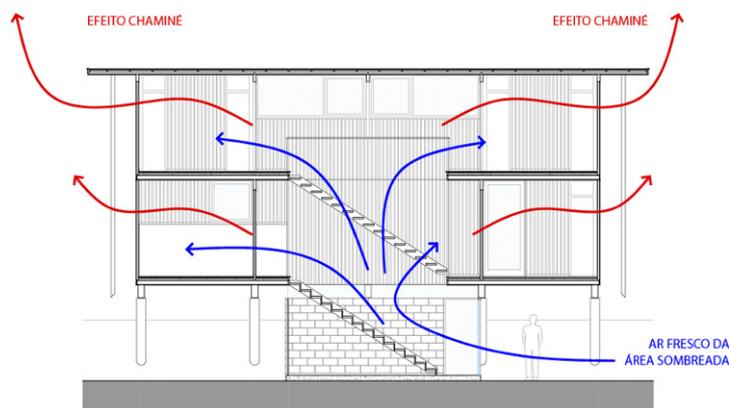


Figura 24: Esquema de ventilação Vila Taguaí. São Paulo-SP. 2007.  
Fonte: <http://www.crisxavier.com.br/taguai/home>.

Existem alguns dispositivos que podem potencializar o efeito chaminé e conseqüentemente o resfriamento do interior da edificação. Como a chaminé solar e os aspiradores estáticos.

A chaminé solar é composta por um coletor solar, fabricado com uma superfície transparente, uma câmara de ar com suas paredes pintadas em cor escura, que é aquecida pela radiação solar através do vidro. O ar menos denso sai pela abertura mais alta da chaminé e cria uma área de sucção (Figura 25). As chaminés solares tem o intuito de acelerar as trocas de ar (extraíndo o ar quente) entre o ambiente externo e o interior das construções e devem terminar a uma altura superior à altura da cobertura, para a garantia de bom funcionamento. Esse sistema pode ser empregado juntamente com outros sistemas de tratamento de ar e funciona melhor quanto maior for a intensidade da radiação, justamente quando a extração do ar quente se faz mais necessária (LANHAM, 2004; MENDONÇA, 2005).

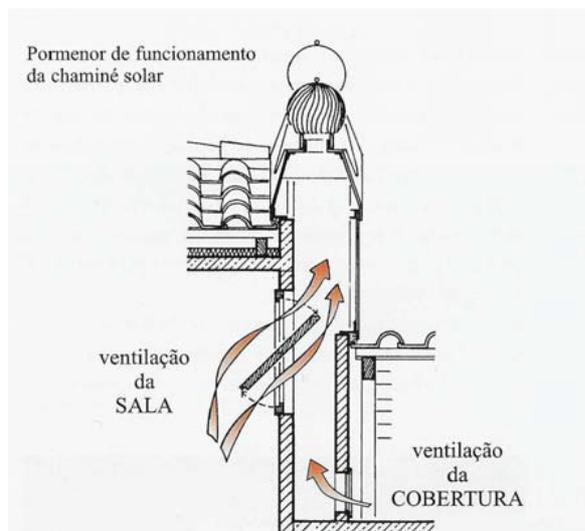


Figura 25: Pormenor de Funcionamento de Chaminé Solar. Fonte: LANHAM, 2004.

A Figura 26 apresenta um croqui com o esquema de ventilação utilizado na Casa Shaffer – localizada em Porto Santo, Portugal, com projeto do Arquiteto Günther Ludewig – onde existem diversas estratégias de ventilação, entre elas o uso chaminés solares.

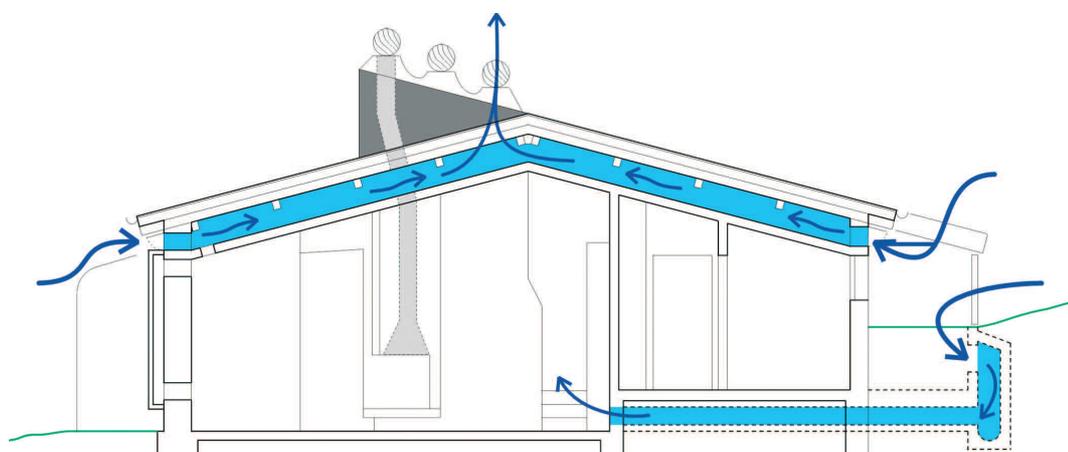


Figura 26: Pormenor de Funcionamento de Chaminé Solar.  
Fonte: GONÇALVES E GRAÇA, 2004.

Os aspiradores estáticos também são dispositivos localizados acima das coberturas, em forma de chaminés, que extraem o ar do interior da edificação por diferença de pressão, quando combinados com a entrada de ar pela parte inferior do sistema. Segundo Mendonça (2005, p. 5-38) “Estes aspiradores produzem uma depressão no ar interior devido à sucção produzida por um dispositivo estático, situado na cobertura. Assim o vento ao atravessar este dispositivo vai criar o efeito

Venturi, causa da aspiração do ar interior“. Visam facilitar o fluxo do vento para passar entre as suas lâminas e fazer com que a saída seja no interior da mesma.

O esquema da Figura 27 é aplicável para o clima subtropical, pois favorece a ventilação nos períodos mais quentes. Existe uma ampla variedade de aspiradores estáticos, no que diz respeito a seu tamanho e forma; a Figura 28 mostra aspiradores estáticos quadrados.

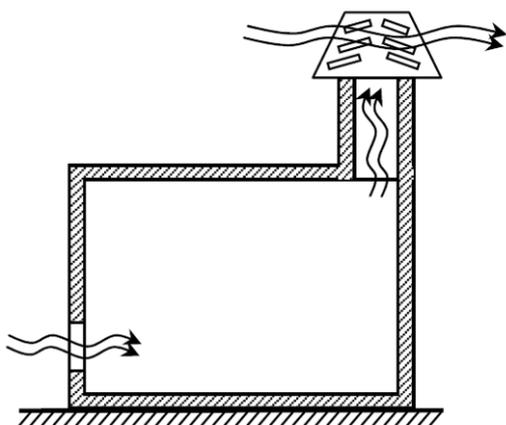


Figura 27: Sistema de ventilação com aspirador estático. Fonte: MENDONÇA, 2005.



Figura 28: Aspiradores estáticos quadrados. Fonte: <http://www.sas-sa.com/chimeneas/aspiradores-estaticos>.

#### 5.4. FECHAMENTO VERTICAL, VEDAÇÃO DE ABERTURAS E COBERTURAS

A NBR 15.220-3 apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico das habitações unifamiliares de interesse social, que devem ser concebidas no momento do projeto, apresenta um zoneamento bioclimático brasileiro e define algumas diretrizes e parâmetros para o condicionamento térmico passivo. O Estado do Rio Grande do Sul está classificado, na sua grande maioria, na Zona Bioclimática 2 e as indicações quanto as aberturas são que elas devem possuir sombreamento e serem do tamanho médias; as paredes devem ser leves e a cobertura deve ser leve e isolada (Figura 29).

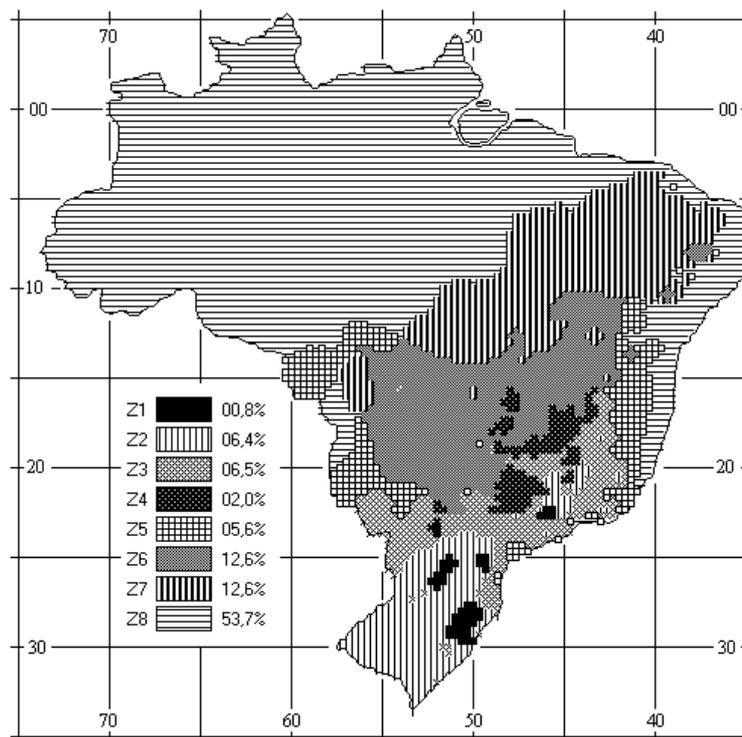


Figura 29: Zoneamento bioclimático brasileiro. Fonte: ABNT, 2005.

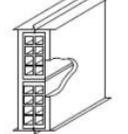
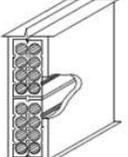
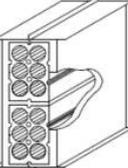
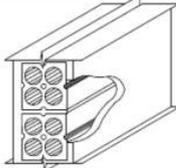
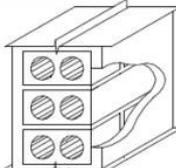
Para chegar a essa orientação, foram definidas as propriedades térmicas dos elementos construtivos como: a transmitância térmica ( $U$ ), que é a propriedade dos componentes construtivos relacionada à permissão da passagem de energia, se relaciona com a espessura dos materiais; o atraso térmico ( $\phi$ ), que indica o período que passou entre uma variação térmica em um meio (externo) e sua consequência na superfície oposta (interno) e; o fator solar ( $F_{So}$ ), que representa o quociente da taxa de radiação solar transmitida pela radiação solar incidente (LAMBERTS et al, 2010). A seguir serão apresentados os tipos de envoltório indicados para o clima subtropical, no Rio Grande do Sul.

#### 5.4.1. Fechamento Vertical

O fechamento vertical diz respeito às paredes, as quais devem ser devidamente projetadas para evitar os ganhos e/ou desperdícios de temperatura e insolação. Está diretamente relacionado à inércia térmica. A orientação da NBR 15.220-3 é que elas devem ser leves, com o valor limite da transmitância térmica é igual a  $3,00 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , atraso térmico deve ser igual ou inferior a  $4,3\text{h}$  e o fator solar deve ser menor ou igual a 5%.

As paredes mais indicadas são as de tijolos maciços ou furados ou blocos cerâmicos, com as conformações sugeridas pela NBR, conforme Tabela 1.

**Tabela 1:** Adaptado Tabela D.3 – Transmitância térmica (U), capacidade térmica ( $C_T$ ) e atraso térmico ( $\phi$ ) para algumas paredes. NBR 15.220-3.

Parede	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	$C_T$ [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]	$\phi$ [horas]
	Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158	3,3
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7
	Parede com 4 furos circulares Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,5 cm	2,49	186	3,7
	Parede de blocos cerâmicos de 3 furos Dimensões do bloco: 13,0x28,0x18,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 18,0 cm	2,43	192	3,8
	Parede de blocos cerâmicos de 2 furos Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,45	203	4,0
	Parede de tijolos com 2 furos circulares Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,5 cm	2,43	220	4,2

Paredes duplas de tijolos maciços são de fácil execução e contribuem muito para o uso da inércia térmica, já que apresentam alto valor de atraso térmico, devido a camada de ar entre os dois panos minimiza o aquecimento da parede interna, diminuindo consideravelmente o calor no interior dos ambientes, além de evitar a entrada de umidade, muito presente em nosso clima. Um material isolante pode ser acrescentado parcialmente na câmara de ar, como lã mineral, poliéster ou EPS (poliestireno expandido), visando obter melhores resultados. A Figura 30 demonstra as propriedades termofísicas das paredes externas e recomendações construtivas pela NBR 15220-3 e as propriedades das paredes duplas utilizadas no experimento da Casa Eficiente. A recomendação para a zona bioclimática que está a Casa Eficiente é o uso de paredes leves refletoras, porém a utilização de paredes duplas, que apresentam elevado atraso térmico, se deu a fim de maximizar os efeitos da inércia térmica. Os resultados obtidos demonstraram que o efeito da exposição constante à ventilação e à radiação (nos períodos quentes) teve efeito cumulativo na Casa. O uso da ventilação natural diurna pode contribuir para esse aquecimento, portanto deve ser evitado nos horários mais quentes e as estratégias de ventilação e inércia térmica de forma combinada no verão, de forma que ambas desempenhem suas funções corretamente (LAMBERTS et al, 2010).

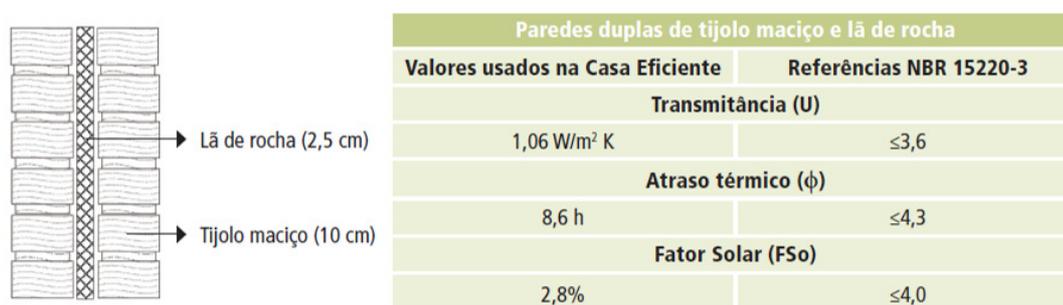


Figura 30: Propriedades termofísicas das paredes externas e recomendações construtivas (NBR 15220-3). Fonte: LAMBERTS et al, 2010.

#### 5.4.2. Vedação e Qualidade das Aberturas

Segundo as recomendações normativas, para a zona bioclimática 2, deve se fazer uso da ventilação natural (apresentada no capítulo 5.3) com sombreamento das mesmas para evitar sobreaquecimento no verão; elas devem ser de tamanho médias, de  $15\% < a < 25\%$  da área de piso do ambiente (ABNT, 2005).

Quanto às aberturas é preciso evitar as trocas de calor indesejado para obter os resultados desejados com o uso do aquecimento solar e inércia térmica, por isso é fundamental atentarmos para a qualidade das aberturas utilizadas, pois elas devem ser bem vedadas a fim de garantir estanqueidade. No caso de uma fenestração mal concebida, as perdas energéticas por infiltração excessiva de ar ou pela transmissão térmica do vidro podem ser elevadas, o que prejudica o conforto interno dos ambientes (MOITA, 1988).

As esquadrias de PVC – Policloreto de Vinila (Figura 31) são as mais indicadas para alcançar bons níveis conforto, através da excelente vedação e por ser um material com elevado índice de desempenho térmico e acústico. Isso acontece porque as esquadrias são fabricadas através de um processo de solda térmica e vedação que formam um bloco único, sem frestas, portanto conseguem retardar ao máximo a troca de calor entre os ambientes externos e internos. Os perfis de PVC possuem de uma a três câmaras destinadas à estanqueidade e isolamento termoacústico (GODOI, 2005).

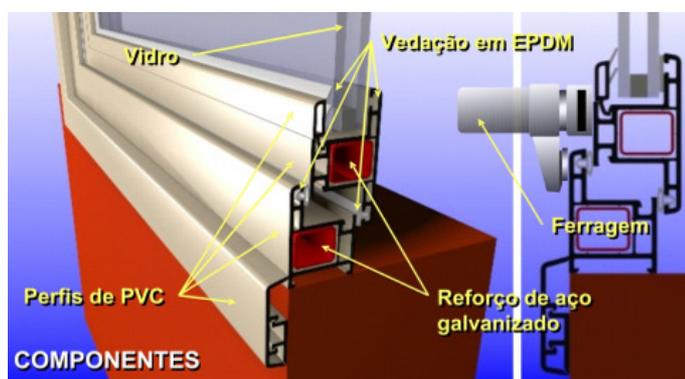


Figura 31: Corte ilustrativo do perfil de esquadrias em PVC. EPDM: Poli Etileno Propileno Dieno. Fonte: GODOI, 2005.

Existem inúmeros tipos de vidros que são classificados quanto ao tipo (recozido, de segurança temperado, laminado ou aramado, térmico-absorvente e composto), quanto à forma e transparência (plano, curvo, perfilado ou ondulado), pelo acabamento da superfície (liso, polido, impresso, fosco, espelhado, gravado, esmaltado ou termo refletor) e quanto à cor (incolor ou colorido) (BARROS, 2010).

Os vidros coloridos ou termo absorventes e os vidros refletores podem auxiliar na eficiência energética de uma edificação e minimizar as consequências negativas de sobreaquecimento com o uso do vidro comum, pois eles são capazes

de absorver ou refletir parte da radiação solar, impedindo que ela passe completamente para o interior da edificação (LAMBERTS, GHISI & PAPST, 2000; BARROS, 2010).

O uso de vidros duplos (Figuras 32 e 33) oferece mais conforto ao ambiente, já que dificulta as trocas térmicas entre os meios interno x externo, comparado com um vidro simples, seu coeficiente de transmitância térmica pode ser reduzido à metade (Figura 34). Pode, ainda, aliar as vantagens de pelo menos dois tipos distintos, além da camada interna de ar contribuir com o isolamento. Uma das soluções indicadas para o clima subtropical é o vidro duplo com o uso de vidro temperado na face externa (resistente) e vidro laminado na face interna (proteção térmica) (BARROS, 2010).



Figura 32: Vidros duplos.  
Fonte://visionglasscompany.com.br.

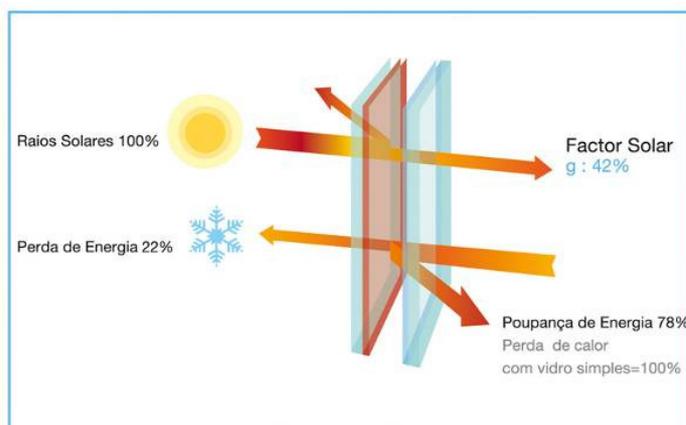


Figura 33: Croqui de vidros duplos com grande eficiência térmica. Fonte: <http://www.msf-aluminios.com>.

Modelo	Descrição	U(Wm <sup>2</sup> K)	FS	VT
A	PVC_VIDRO CLARO 3MM	6.830	0.702	0.686
B	PVC_VIDRO CLARO 3MM COM PROTEÇÃO	5.671	0.334	0.187
C	PVC_VIDRO CLARO 6MM	6.710	0.672	0.677
D	PVC_VIDRO DUPLO 3MM	3.185	0.614	0.624
E	PVC_VIDRO VERDE 6MM	6.710	0.492	0.575
F	PVC_VIDRO REFLEXIVO	6.031	0.299	0.202

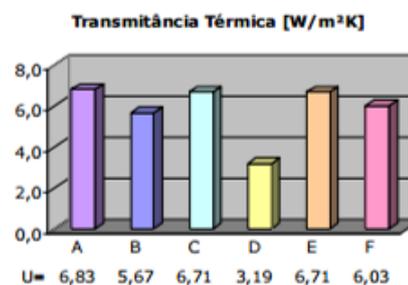


Figura 34: Gráficos com os resultados das propriedades calculadas para os sistemas de coberturas completos. Transmitância térmica (U), fator solar (FS) e transmitância a luz visível (VT). Fonte: MILBRATZ, 2007.

### 5.4.3. Coberturas

Para complementar os elementos construtivos principais de uma edificação é preciso falar da cobertura. As coberturas podem ser planas ou inclinadas e serem feitas com telhas, lajes impermeabilizadas ou camada vegetal. Existem diversos tipos de telhas no mercado, as mais comuns são as de fibrocimento, cerâmica, concreto, metálicas e ecológicas – feitas de fibras naturais recicladas. O desempenho térmico das mesmas depende dos materiais que a compõem, das cores, da superfície externa, a emissividade, e a ventilação existente na camada de ar no ático. Nos países tropicais, o maior ganho térmico em edificações térreas se dá pela cobertura, devido a grande exposição à radiação solar (MICHELS, 2007).

Em relação à cobertura, a NBR 15.220-3 para o zoneamento 2, indica que deve ser leve isolada, com o valor limite da transmitância térmica é igual a 2,00 W/m<sup>2</sup> K, atraso térmico deve ser igual ou inferior a 3,3h e o fator solar deve ser menor ou igual a 6,5%. As sugestões, presentes na NBR que se enquadram são as demonstradas na Tabela 2.

**Tabela 2:** Adaptado Tabela D.4 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas. NBR 15.220-3.

Cobertura	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32	1,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3

#### 5.4.3.1. Telha cerâmica

As telhas cerâmicas apresentam bom conforto térmico, pois além de o barro ser considerado um bom isolante térmico, apresenta capacidade de absorção de água, que pode se condensar e ser liberada durante o dia, por evaporação, retardando a absorção da radiação incidente – condição ideal para o clima em estudo, nos meses de verão (MICHELS, 2007).

Se apresentam de diversas formas, visando qualidade estética às diferentes edificações, podem ser dos tipos americana, colonial, italiana, romana, portuguesa e francesa (Figura 26). Para garantir resultados satisfatórios devem ser observados

alguns itens importantes, como inclinação adequada e perfeita colocação e vedação. O ideal é optar pelas telhas que já vem com revestimento sintético de fábrica, o que proporciona maior proteção e durabilidade.

Buscando garantir ainda mais conforto, materiais isolantes devem ser colocados entre a telha e o forro (Figura 27), pois reduzem a transferência de calor por radiação e permitem que os ganhos, nos períodos mais quentes, sejam reduzidos (MICHELS, 2007).



Figura 35: Residência em Pelotas-RS com telha cerâmica francesa, 2014.

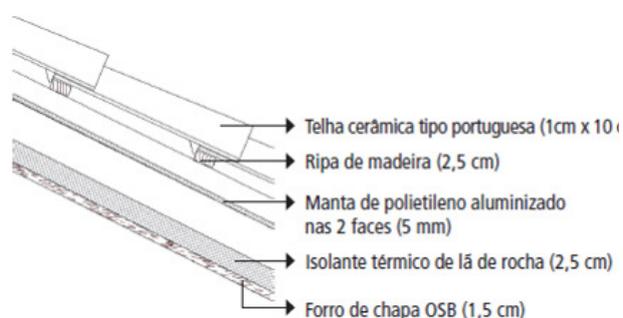


Figura 36: Propriedades termofísicas da cobertura cerâmica e recomendações construtivas. Fonte: LAMBERTS et al, 2010.

#### 5.4.3.2. Telha metálica – tipo sanduíche

Outro tipo de telha com bons resultados para o clima em foco é telha metálica do tipo sanduíche, que é composta por uma lâmina metálica (barreira radiante) + isolante termoacústico (lã mineral, poliuretano ou EPS) + lâmina metálica (Figuras 37 e 38), devido a essa composição elas apresentam baixa condutividade térmica e conseqüente menor troca de calor entre os ambientes interno x externo. Os ganhos térmicos no verão são reduzidos, assim como as perdas de calor, no inverno. Possibilitam o uso em maiores vãos livres, exigem menor estrutura e menor inclinação para instalação do que as telhas cerâmicas, que as torna uma boa solução para prédios ou casas que façam o uso da platibanda (MICHELS, 2007).



Figura 37: Casa de Veraneio - Ubatuba - SP, telha sanduíche. Fonte: <http://construireumaarte.blogspot.com.br>.

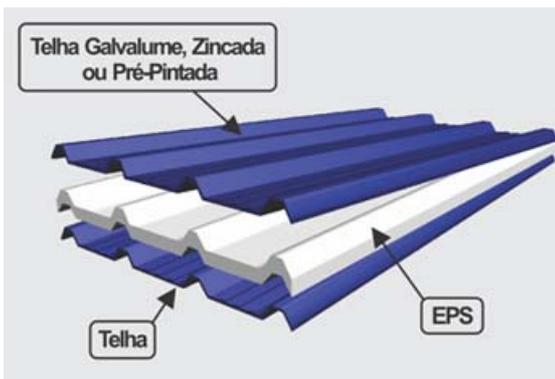


Figura 38: Telha metálica tipo sanduíche. Fonte: <http://www.acometal.com>.

#### 5.4.3.3. Telhado verde e ecotelhado

O telhado verde ou cobertura verde consiste em criar uma camada vegetal na cobertura da edificação, com o intuito de buscar o conforto ambiental interno – por ser armazenador de calor – aliado às necessidades sustentáveis das cidades, pois possibilita o aumento da proporção de áreas verdes e pode minimizar as chamadas ilhas de calor nas cidades. Essa tecnologia tem sido muito estudada e aplicada nas últimas décadas, como estratégia sustentável, pois aumenta a eficiência energética das edificações (LAMBERTS et al, 2010).

Segundo LAMBERTS et al, 2010

Pesquisas científicas recentes sobre comportamento térmico de telhados vegetados sugerem que neste conjunto físico, as funções biológicas das plantas são responsáveis pela absorção de uma proporção da radiação solar incidente, gerando o resfriamento passivo dessa cobertura. Somado a isto, o efeito sombreador da camada de vegetação sobre as superfícies construídas, o albedo da vegetação e a baixa difusividade térmica oferecida pela camada de solo úmida (massa térmica), contribuem na diminuição das temperaturas superficiais, assim como na diminuição do fluxo de calor para o interior das edificações através da cobertura.

Existem dois tipos de telhados verdes o extensivo (Figura 39) que é caracterizado pelo seu baixo peso (70 a 170kg/m<sup>2</sup>), com camada fina (5 a 15cm) de substrato e utilização de vegetação rasteira e o telhado intensivo (Figura 40), que são caracterizados pelo alto peso (300 a 900kg/m<sup>2</sup>), apresentam camada espessa (20 a 60cm) de substrato, apresentam uma gama maior de vegetação, podendo

suportar até árvores, porém exigem uma manutenção mais intensa. Podem ser utilizados em lajes planas ou inclinadas, atentando para cálculo estrutural dimensionado para suportar tal carga e as camadas vegetais e de impermeabilização (LAMBERTS et al, 2010).



Figura 39: Casa “Meera House”. Cingapura.  
Arq: Guz Wilkinson. Fonte:  
<http://casa.abril.com.br>.



Figura 40: Casa “Cubierta Verde”. Uruguai.  
Arq: Cardoso + Zúñiga. Fonte:  
<http://www.archdaily.com.br>.

Pesquisas relacionadas à eficiência energética e propriedades térmicas dos telhados verdes têm verificado que o desempenho térmico das edificações estão tendo melhorias em relação ao consumo de energia, principalmente com a redução de sistemas de refrigeração nos meses mais quentes. Fato que incentiva ainda mais o uso dessa estratégia em climas com verões quentes, típicos de clima subtropical (LAMBERTS et al, 2010).

As camadas que compõem um telhado vegetado, são: 1) Laje: estrutural – concreto armado – 15cm; 2) Impermeabilizante não asfáltico: para evitar infiltrações – 4mm; 3) Isolamento em poliestireno estudado: impermeabilização que inibe a penetração das raízes das plantas – 2cm; 4) Regularização mecânica: regularização com argamassa armada – 3cm; 5) Drenagem: pode ser de brita e seixo rolado – 8cm; 6) Filtro: geotêxtil – 1cm; 7) Substrato: camada de terra vegetal – 14cm; 8) Camada vegetal – 20cm. (Figuras 41 e 42). As camadas podem ter alterações conforme a empresa que irá fazer a implantação do sistema.

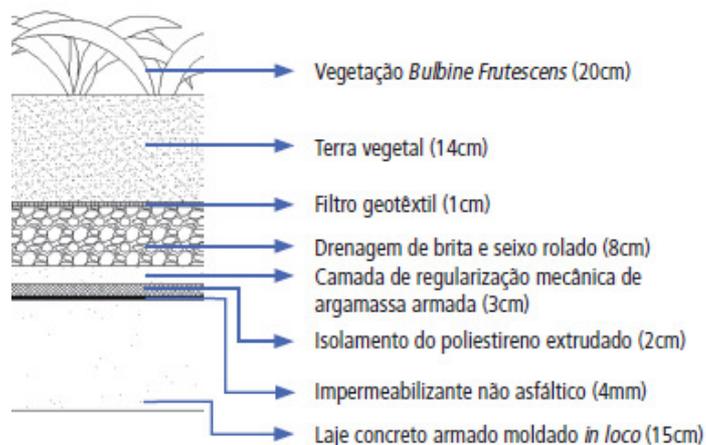


Figura 41: Corte da cobertura vegetada. Fonte: LAMBERTS et al, 2010.

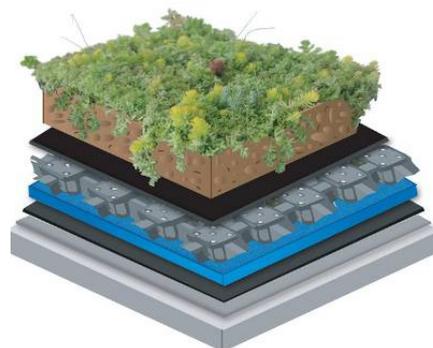


Figura 42: Croqui telhado verde. Fonte: <http://construindo.org>.

Todo telhado verde necessita de manutenção em algum tempo, a fim de fortalecer a vegetação, a utilização de fertilização com algum composto orgânico em pequena quantidade, deve ser feito. O ideal optar por um conjunto de plantas nativas que tenham o mínimo de interferência ou plantas exóticas submetidas à topiaria. As plantas da família das suculentas aparecem como boa opção, pois se adaptam bem ao telhado verde também, pois exigem pouca rega e adução, além de não precisarem de poda (ECOTELHADO, 2014).

O Ecotelhado pode ser considerado um melhoramento do telhado verde convencional, pois integra todos os benefícios de um jardim suspenso comum, aliado à captação de água da chuva, tratamento de efluentes, captação de energia solar, entre outros benefícios. Com o Ecotelhado, a cobertura vegetal se encarrega de dissipar ou consumir esta energia pela evapotranspiração e pela fotossíntese, reduzindo significativamente a amplitude térmica do interior do prédio (ECOTELHADO, 2014).

A Casa Eficiente está situada na zona bioclimática 3, porém a solução de cobertura sugerida é a mesma da zona bioclimática 2, que engloba o clima subtropical em análise. Foram utilizados os três tipos de cobertura apresentados no trabalho e todos comprovaram serem eficazes e atender aos requisitos mínimos estabelecidos na NBR. A cobertura metálica e o telhado vegetado mostraram níveis superiores de desempenho (LAMBERTS et al, 2010).

Componente	Absortância ( $\alpha$ )	Transmitância térmica (U)	Nível de classificação do desempenho
Recomendações NBR 15575 (ABNT, 2008) – Coberturas	$\leq 0,6$	$\leq 2,3 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$	MÍNIMO
		$\leq 1,5 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$	INTERMEDIÁRIO
		$\leq 1,0 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$	SUPERIOR
	$> 0,6$	$\leq 1,5 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$	MÍNIMO
		$\leq 1,0 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$	INTERMEDIÁRIO
		$\leq 0,5 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$	SUPERIOR
Cobertura cerâmica (quarto de casal)	0,65	0,57 W/ m <sup>2</sup> K	INTERMEDIÁRIO
Cobertura metálica (sala de estar/jantar)	0,20	0,87 W/ m <sup>2</sup> K	SUPERIOR
Telhado vegetado (quarto de solteiro)	0,55	0,82 W/ m <sup>2</sup> K	SUPERIOR

Figura 42: Propriedades termofísicas das coberturas e recomendações construtivas (NBR 15575). Fonte: LAMBERTS et al, 2010.

#### 5.4 BRISE-SOLEIL

O brise-soleil é uma palavra de origem francesa que significa quebra-Sol. É uma estratégia arquitetônica utilizada para diminuir a incidência solar direta no interior das edificações e proporcionar maior conforto. Idealizado por Le Corbusier em meados do século XX, tornou-se um dos ícones da arquitetura modernista brasileira, em parte, por ter sido amplamente utilizado por arquitetos renomados, com Lúcio Costa e Oscar Niemeyer. Há necessidade de se controlar a entrada de Sol nos ambientes, em locais de clima subtropical e o brise pode ser uma opção efetiva (GUTIERREZ & LABAKI, 2005; CUNHA, 2010).

Pode ser feito de matérias como madeira, concreto, alumínio, zinco, vidro, lonas, entre outros. Suas lâminas podem ser instaladas no sentido horizontal, vertical ou combinadas (Figura 43), podendo ser fixas ou móveis – o acionamento pode ser feito através de controle automatizado ou fotocélulas. A posição, o espaçamento e o tipo de material mais indicado irão depender da análise da incidência solar, necessidades de bloqueio da mesma e efeito estético desejado (GUTIERREZ & LABAKI, 2005; LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014; MARAGAGNO, 2000).



Figura 43: Brises horizontais, verticais e combinados e suas máscaras de sombra. Fonte: MARAGAGNO, 2000.

No clima subtropical, as haletas horizontais (Figura 44) são mais indicadas para as grandes alturas solares, sendo pouco eficientes nas primeiras e últimas horas de incidência solar. Já os brises verticais (Figura 45) são mais indicados para proteger da insolação oblíqua à fachada (norte, sul, sudeste, nordeste e sudoeste) e são pouco eficientes para as fachadas leste e oeste. O brise combinado é indicado para as fachadas norte e sul e é o que melhor se adapta também às fachadas leste e oeste, porém podem bloquear a passagem de luz, o que faz com que os móveis sejam os mais indicados para essas fachadas (MARAGAGNO, 2000).

Os brises fixos são mais fáceis de instalar e manter, além de serem mais econômicos. Sua indicação é principalmente para fachadas norte, as quais apresentam menores ângulos solares. Como principal vantagem se aponta o fato de eles já estarem ajustados previamente, não necessitando da intervenção dos usuários. Já os brises móveis são mais indicados para as radiações com grandes ângulos de incidência, presentes nas fachadas leste e oeste. Os sistemas devem ser de fácil utilização e especificados de modo que os usuários consigam utilizar corretamente; hoje em dia é mais indicado que os sistemas sejam automatizados (MARAGAGNO, 2000).

Convém destacar que para a garantia de sucesso na instalação dos brises é necessário conhecer a geometria da insolação, fazer cálculos e simulações computacionais, através de softwares específicos e, se possível, práticas experimentais em campo ou em laboratório (MARAGAGNO, 2000; GUTIERREZ & LABAKI, 2005).



Figura 44: Pólo Cultural de Erechim, RS. Arq. César Dorffman Arquitetos Associados. Fonte: CUNHA, 2010.



Figura 45: Brise vertical. Escola na Inglaterra. Fonte: <http://www.integralltd.co.uk>.

Os cobogós (Figura 46) – elementos vazados de concreto, cerâmica ou metálicos – e os muxarabis (Figura 47) – treliças de madeira, de origem milenar – são tipos de brises que foram amplamente utilizados no passado e continuam se reinventando e agregando valor estético e térmico às construções atuais. Funcionam como um brise combinado em escala reduzida e apresentam bons resultados na função de filtrar a luz natural, garantindo boa visibilidade para o exterior e ventilação para os ambientes. (MARAGAGNO, 2000, LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

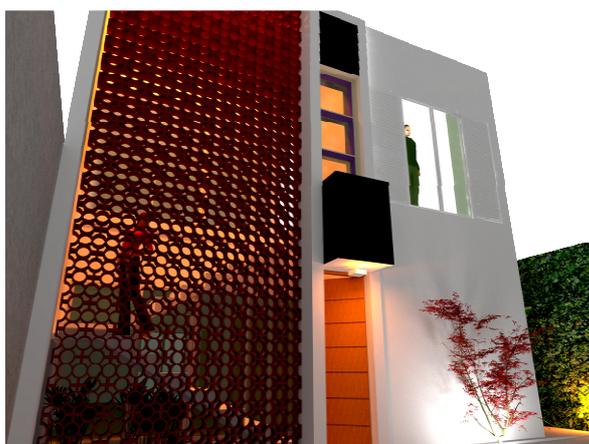


Figura 46: Fachada com cobogó. Arquiteto Cássio Monteiro. Fonte: <http://4.bp.blogspot.com>.



Figura 47: Residência com muxarabi. Arquiteto Marcio Kogan. Fonte: <http://www.archdaily.com>.

Do ponto de vista da arquitetura sustentável, não há dúvidas da economia gerada com o uso desses dispositivos de proteção solar, para o clima em foco. O controle da insolação nas aberturas faz com que haja redução no consumo energético pelo uso de refrigeradores nos períodos mais quentes (CUNHA, 2010).

## 6 CONCLUSÕES

A importância de se conhecer as técnicas construtivas de envelopamento das edificações e estratégias do condicionamento térmico passivo, para poder propô-las desde a concepção inicial de projeto, é fator essencial para a garantia de uma edificação com mais conforto térmico, sem a utilização de climatizadores em tempo integral no inverno ou no verão.

As estratégias de aquecimento solar passivo, por ganhos diretos, indiretos ou

isolados são soluções eficazes e não representam elevados custos de construção e são fundamentais para a redução da utilização de aquecedores, no inverno. As massas térmicas de uma edificação, obtidas pelo uso adequado de envoltória e fenestração eficientes, desempenham um papel fundamental de estabilização das condições para o conforto dos usuários no interior de um edifício, exigem um investimento inicial um pouco mais elevado que o usual, porém os benefícios ao longo da vida útil da construção compensam tal investimento. O uso da ventilação natural, através da diferença de densidade ou da ação dos ventos, garante um ambiente com ar mais fresco no verão, além de ter a função de higienização, também não apresenta um custo elevado.

A utilização de telhados vegetados está se expandindo a cada dia, o que demonstra que apesar do custo elevado inicialmente, o retorno de conforto e eficiência é satisfatório, além de sua contribuição positiva às necessidades sustentáveis das cidades, com a minimização as ilhas de calor.

O uso de brises, que pode contribuir esteticamente para as edificações desde que bem projetado, gera uma economia considerável com a redução do uso de refrigeradores de ambientes. O investimento inicial pode ser elevado, dependendo da tipologia e materiais empregados, o tempo de retorno também dependerá desses fatores, mas não existem dúvidas quanto à eficiência, ao longo dos anos, de tais elementos.

Os benefícios da arquitetura bioclimática, mais especificamente das soluções passivas, são evidentes e tais estratégias devem ser amplamente divulgadas para os usuários e utilizadas pelos profissionais da construção civil, buscando edifícios mais confortáveis termicamente e eficientes energeticamente.

## 7 REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575: Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

AÇOMETAL. **Termoacústica.** Disponível em: [http://www.acometal.com/termo\\_acustica/](http://www.acometal.com/termo_acustica/). Acesso em: 13 nov. 2014.

ANDRADE, Maria S. S. de. **Avaliação dos métodos de cálculo de iluminação natural através de aberturas zenitais.** Santa Maria. PPGEC, UFSM, 2004. Disponível em: [http://cascavel.ufsm.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=643](http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=643). Acesso em: 15 maio 2014.

ARCHDAILY. **Bahia House/Marcio Kogan.** Disponível em: <http://www.archdaily.com/92419/bahia-house-marcio-kogan/Kogan>. Acesso em: 18 nov. 2014.

ARCHDAILY. **Cubierta Verde/Cardoso + Zúñiga.** Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/br/01-60043/cubierta-verde-cardoso-mais-zuniga>. Acesso em: 18 nov. 2014.

ARCH 2230. Emily Richards. **Passive heating and the trombe wall.** Disponível em: <http://jjureidini.wordpress.com/2011/01/18/trombe-wal-case-studies/>. Acesso em: 19 out. 2014.

ARCOWEB. Finestra. **No Rio, a primeira escola com selo LEED.** Disponível em: <http://arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/ecoeficiencia---certificacao-escola-do-rio-de-janeiro-e-a-primeira-da-america-latina-a-receber-o-certificado-/>. Acesso em: 12 nov. 2014.

BARROS, Carolina. **Apostila de vidros.** Materiais de Construção. Edificações. Instituto Federal de ciências, Educação e Tecnologia Sul-Riograndense. Pelotas, 2010. Disponível em: <https://edificacoes.files.wordpress.com/2011/04/apo-vidros-completa-publicac3a7c3a3o.pdf>. Acesso em 10 nov. 2014.

BITTENCOURT, L.; Cândido, C. **Ventilação natural em edificações. Rio de Janeiro: Eletrobrás / PROCEL, 2010.** Disponível em: [http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}&Team=&params=itemID={85351C92-D471-4B09-8FB2-9D4669936EFE};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}](http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}&Team=&params=itemID={85351C92-D471-4B09-8FB2-9D4669936EFE};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}>)>. Acesso em: 15 maio 2014.

Casa Abril. **Casa com telhado verde e muita, muita, muita grama.** Disponível em: <http://casa.abril.com.br/materia/telhado-verde-guz-wilkinson>. Acesso em: 16 nov. 2014.

CAMARGO, Odilon A.; Silva, Fabiano J. Lima da.; Custodio, Ronaldo dos Santos; Gravino, Nelson. V.. **Atlas eólico: Rio Grande do Sul.** Secretaria de Energia Minas e Comunicações. Porto Alegre, 2002.

CONSTRUINDO. **Telhado verde – Dicas para a construção de ecotelhados.** Disponível em: < <http://construindo.org/telhado-verde/>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

CONSTRUIR É UMA ARTE. **Casa de Veraneio - Ubatuba - São Paulo.** Disponível em: <<http://construireumaarte.blogspot.com.br/2013/01/casa-de-veraneio-ubatuba-sao-paulo.html>> Acesso em: 13 nov. 2014.

CRIS XAVIER. **Vila Taguaí.** Disponível em: < <http://www.crisxavier.com.br/taguai/home.php?content=6&id=3>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

CUNHA, Eduardo Grala da. **Mitos e verdades sobre o brise-soleil: da estética à eficiência energética.** Disponível em: < <http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/1279/339>>. Acesso em 05 nov. 2014. Pelotas, 2011.

ECOTELHADO. **Ecotelhado.** Disponível em: <<http://ecotelhado.com/>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. 2013. **Clima.** Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 02 set. 2014.

GODOI, Anderson Flor de. **Esquadrias em PVC.** Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Anhembi Morumbi no âmbito do Curso de Engenharia Civil com ênfase ambiental. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-05/civil-02.pdf>>. Acesso em 05 nov. 2014.

GARROCHO, Juliana Saiter. **Luz natural e projeto de arquitetura. Estratégias para iluminação Zenital em Centros de Compras.** Brasília, 2005. Disponível em: < <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Pesquisa/luz%20natural%20e%20projeto.pdf>>. Acesso em 15 maio 2014.

GONÇALVES, Helder e GRAÇA, João Mariz. **Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal.** DGGE / IP-3E. Lisboa, 2004.

GOULART, Solange V. G.; LAMBERTS, Roberto; FIRMINO, Samanta. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras.** [2.ed.] Florianópolis. Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

GUTIERREZ, Grace Cristina Roel; LABAKI, Lucila Chebel. **Considerações sobre o Brise-Soleil na Arquitetura Moderna Brasileira.** ENCAC. ELACAC. Maceió, 2005. Disponível em: [http://www.arq.ufmg.br/labcon/arquivos/ENCAC05\\_0874\\_881.pdf](http://www.arq.ufmg.br/labcon/arquivos/ENCAC05_0874_881.pdf). Acesso em: Acesso em 05 nov. 2014.

HOMEDSGN. **La Boyita Residence by Martin Gomez Arquitectos.** Disponível em: < <http://www.homedsgn.com/2012/02/17/la-boyita-residence-by-martin-gomez->

arquitectos/>. Acesso em: 19 out. 2014.

INTEGRAL MANAGEMENT UK LTD. **Professional Management Services to the External Façade Industry.** Disponível em: <<http://www.integralltd.co.uk/casestudy/colourful-solution-to-new-school-development>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

INVENÇÃOARQUITETURA. **Projeto Tatiana/Cássio Monteiro.** Disponível em: <<http://www.c4arq.com/2012/07/projeto-tatiana-fase-aprovacao-autor.html>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

JJUREIDINI. **Trombe Wall Case Studies.** Disponível em: <<http://jjureidini.wordpress.com/2011/01/18/trombe-wal-case-studies/>>. Acesso em: 19 out. 2014.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** [3.ed.] Rio de Janeiro. Eletrobrás. Procel. Procel Edifica, 2014.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PEREIRA, Cláudia D.; BATISTA, Juliana O. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico.** Florianópolis. UFSC, 2010.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PAPST, Ana Lígia. **Desempenho térmico de edificações.** Florianópolis, 2000. Disponível em: <<http://www.masalupri.com.br/html/Down/Catalogo/Desempenho.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2014.

LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato. **Arquitetura bioclimática: perspectivas de inovação e futuro.** Lisboa: Instituto Superior Técnico / Universidade de Lisboa, 2004. Disponível em: <[http://www.gsd.inesc-id.pt/~pgama/ab/Relatorio\\_Arq\\_Bioclimatica.pdf](http://www.gsd.inesc-id.pt/~pgama/ab/Relatorio_Arq_Bioclimatica.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2014.

MARAGAGNO, Gogliardo Vieira. **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande – MS.** Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1699/000355447.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

MENDONÇA, Paulo J. F. de Almeida Urbano. **Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade do Minho. Braga. Portugal. 2005. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4250/9/TeseDoutMendonca9.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2014.

MICHELS, Caren. **Análise da transferência de calor em coberturas com**

**barreiras radiantes.** Florianópolis, 2007. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_Caren\\_Michels.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Caren_Michels.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2014.

MILBRATZ, Juliana Helena. **Construção, conforto ambiental e uso racional de energia e água. Análise de propriedades térmicas e ópticas de janelas através de simulação computacional.** Florianópolis, 2007. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_ic/IC\\_Juliana\\_Helena\\_Mibratz.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_ic/IC_Juliana_Helena_Mibratz.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2014.

MOITA, Francisco. **Direcção-Solar de Energia – Energia Solar Passiva 1.** Imprensa Nacional-Casa da Moeda. Lisboa, 1988.

MME, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Eficiência Energética.** 2011. Disponível em: [http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-dos-pes/Plano\\_Nacional\\_de\\_Eficiencia\\_Energetica.pdf](http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-dos-pes/Plano_Nacional_de_Eficiencia_Energetica.pdf). Acesso em: 15 maio 2014.

MME, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional.** 2012. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2014.

MSF ALUMÍNIOS. **Vidro duplo.** Disponível em: <[http://www.msfaluminios.com/images/vidros/eperformance\\_b.jpg](http://www.msfaluminios.com/images/vidros/eperformance_b.jpg)>. Acesso em: 13 nov. 2014.

POUSO NA SERRA. **Movimento solar.** Disponível em: <http://pousoinaserra.com.br/como-um-projeto-pode-te-trazer-economias/>>. Acesso em: 03 set. 2014

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS-RS. **Clarabóia.** Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br/noticias/detalhe.php?controle=MjAxMi0wOS0yMQ==&codnoticia=32165>>. Acesso em: 19 out. 2014.

SANTOS, Ísis Portolan dos. **Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura.** Florianópolis, 2013. Disponível em: <[http://fotovoltaica.ufsc.br/Teses/Tese\\_IsisPortolanDosSantos.pdf](http://fotovoltaica.ufsc.br/Teses/Tese_IsisPortolanDosSantos.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2014.

RUSSI, Madalena; VETTORAZZI, Egon; SANTOS, Joaquim C. P. dos; ZÓFOLI Giana, R.; SOARES, Roberta M. D. **Estratégias construtivas na busca de conforto térmico e eficiência energética em edificações unifamiliares de interesse social nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3 brasileiras.** Seminário Nacional de Construções sustentáveis. Passo Fundo, 2012.

SAS, Prefabricados de Hormigón. **Aspiradores Estáticos Cuadrados.** Disponível em: <<http://www.sas-sa.com/chimeneas/aspiradores-estaticos/aspiradores-estaticos->

cuadrados>. Acesso em: 12 nov. 2014.

SUZUKI, Eimi Veridiane. **Avaliação do Potencial de Aquecimento/Resfriamento de um Sistema de Climatização Passiva**. Curitiba, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/348/1/CT\\_PPGECC\\_M\\_Suzuki,%20Eimi%20Veridiane\\_2012.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/348/1/CT_PPGECC_M_Suzuki,%20Eimi%20Veridiane_2012.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2014.

TOLEDO, Alexandre. **Crítérios para o dimensionamento de aberturas de ventilação natural dos edifícios**. In: ENCAC, VI., São Pedro, SP, 2001. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/acervos/index>>. Acesso em: 20 out. 2014.

VETTORAZZI, Egon; RUSSI, Madalena; SANTOS, Joaquim C. P. **A utilização de estratégias passivas de conforto térmico e eficiência energética para o desenvolvimento de uma habitação unifamiliar**. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/geese/wp-content/uploads/2010/09/1.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2014.

VIEIRA, Miguel J. A. **Técnicas construtivas ambientalmente adequadas**. Porto, 2008. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_miguel\\_jose\\_de\\_freitas\\_vieira\\_0.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_miguel_jose_de_freitas_vieira_0.pdf)>.pdf. Acesso em: 19 out. 2014.

VISION GLASS COMPANY. **Vidros duplos**. Disponível em: <<http://visionglasscompany.com.br/tag/vidro-duplo/>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

WIKIPÉDIA. **Clima tropical de altitude**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Clima\\_tropical\\_de\\_altitude](http://pt.wikipedia.org/wiki/Clima_tropical_de_altitude)>. Acesso em: 03 set. 2014.