

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
PALOMA RUZZA BARROSO**

**SISTEMAS PASSIVOS – ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA EDIFICAÇÕES
SUSTENTÁVEIS EM CLIMA SUBTROPICAL**

**CASCABEL
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
PALOMA RUZZA BARROSO

**SISTEMAS PASSIVOS – ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA EDIFICAÇÕES
SUSTENTÁVEIS EM CLIMA SUBTROPICAL**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Arquitetura e Urbanismo, da FAG,
apresentado na modalidade Teórico-
conceitual, como requisito parcial para a
aprovação na disciplina: Trabalho de Curso:
Defesa.

Professora Orientadora: Cássia Rafaela
Brum Souza

CASCADEL

2019

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
PALOMA RUZZA BARROSO

**SISTEMAS PASSIVOS – ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA EDIFICAÇÃO
SUSTENTÁVEL EM CLIMA SUBTROPICAL**

Trabalho apresentado no Curso de Arquitetura e Urbanismo, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, sob a orientação da Professora Cássia Rafaela Brum Souza.

BANCA EXAMINADORA

Professora Orientadora Cássia Rafaela Brum Souza
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquiteta e Urbanista

Professora Avaliadora Daniele Brum Souza
Arquiteta e Urbanista

Cascavel/PR, 02 de Abril de 2019

PALOMA RUZZA BARROSO

**SISTEMAS PASSIVOS – ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA EDIFICAÇÕES
SUSTENTÁVEIS EM CLIMA SUBTROPICAL**

DECLARAÇÃO

Declaro que realizei em Maio de 2019 a revisão linguístico textual, ortográfica e gramatical da monografia e artigo científico de Trabalho de Curso denominado: **Sistemas passivos – estratégias de projeto para edificações sustentáveis em clima subtropical**, de autoria de **Paloma Ruzza Barroso**, discente do Curso de Arquitetura e Urbanismo – FAG e orientado por **Cássia Rafaela Brum Souza**.

Tal declaração contará das encadernações e arquivo magnético da versão final do TC acima identificado.

Cascavel, 21 de Maio de 2019



Andressa Ferreira

Licenciado em Letras/ UDC/2013

RG nº 9898305-8/ SSP-PR

RESUMO

Victor Olgyay, pioneiro em bioclimatologia desenvolveu uma carta bioclimática, que relacionava dados climáticos aos limites do conforto térmico, para identificar estratégias do projeto (OLGYAY, 1973). Ao longo dos anos, a bioclimatologia vem sendo aprofundada, permitindo desenvolver maiores relações sobre o estudo do clima (climatologia) e os seres humanos. Nesse sentido, o projeto bioclimático tem como objetivo analisar as condições do clima local para aplicação correta de elementos de projeto e tecnologia, trazendo economia de energia, as quais variam em função do clima, proporcionando conforto aos usuários na edificação, por meio das técnicas construtivas e da utilização da edificação, a partir das técnicas de sistemas passivos a serem aplicadas em edificações de climas subtropicais. A metodologia utilizada foi revisão bibliográfica, onde analisou-se as mais recentes obras científicas acerca deste assunto. Dessa forma, o estudo sobre as ferramentas que permitem promover a inclusão dos princípios de sustentabilidade como premissa de projeto bioclimático, foram consolidados com base na consideração de questões sobre o clima e a inserção da edificação no local, de modo a facilitar a identificação das ferramentas disponíveis, através de um entendimento crítico de diferentes aspectos da edificação inseridas no clima subtropical.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Arquitetura sustentável; Bioclimatologia; Clima subtropical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Zona de ventilação	27
Figura 2: Ventilação passiva	27
Figura 3: Zona de resfriamento evaporativo e zona de umidificação	28
Figura 4: Resfriamento evaporativo direto.....	29
Figura 5: Resfriamento evaporativo indireto	29
Figura 6: Zona de inércia térmica para aquecimento ou resfriamento	30
Figura 7: Inércia térmica para resfriamento ou aquecimento.....	30
Figura 8: Zona de aquecimento solar passivo	31
Figura 9: Aquecimento solar direto.....	31
Figura 10: Aquecimento solar indireto.....	32
Figura 11: Zoneamento Bioclimático Brasileiro	39
Figura 12: Zona bioclimática e e Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas	40
Figura 13: Ventilação cruzada.....	41
Figura 14: Diferença de altura de aberturas	41
Figura 14: Brises fixo e móvel	42
Figura 16: Vegetação com folhas caducas como sistema de controle de aberturas	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Zona de ventilação.....	44
Tabela 2: Recomendações e diretrizes construtivas Zonas 1, 2 e 3.....	47

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS	14
1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE.....	14
1.2 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA	15
1.3 A PRÁTICA DA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL	16
1.4 CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA EDIFICAÇÕES.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ARQUITETURA PASSIVA APLICADA A ARQUITETURA	19
2.1 CONCEITO DE ARQUITETURA PASSIVA	19
2.2.1 Base da arquitetura passiva: o princípio da bioclimática.....	19
2.2.2 Arquitetura passiva nos dias atuais	20
2.2.3 Princípios projetuais da arquitetura passiva.....	21
2.2 IMPLANTAÇÃO	22
2.2.1 Clima Local.....	22
2.2.3 Programa de Necessidades.....	23
2.2.4 Função.....	24
2.2.6 Materiais	25
2.3 ESTRATÉGIAS PASSIVAS APLICADAS EM PROJETO	26
3.1.2 Resfriamento evaporativo e umidificação.....	28
2.1.3 Inércia Térmica	29
2.1.4 Aquecimento solar passivo	31
3. ABORDAGEM E ESTUDO DE CASO: A BIOCLIMÁTICA APLICADA EM EDIFICAÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL	33
3.1 O PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO	33
3.2 O PROJETO ARQUITETÔNICO E A QUALIDADE DO AMBIENTE.....	34
3.3 CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY.....	36
3.4 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI	36
3.5 PLANILHAS DE MAHONEY.....	37
3.6 O ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO COMO CONDICIONANTE DE PROJETO.....	37
3.7 ESTRATÉGIAS DE PROJETO APLICADAS NO CLIMA SUBTROPICAL.....	41

3.7.1	Sistemas de ventilação cruzada.....	42
3.7.2	Proteção solar.....	42
3.7.3	Vedações externas: parede e cobertura.....	44
4.	ABORDAGEM.....	45
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS	50

INTRODUÇÃO

Segundo Olgyay (1998), o clima, a herança racial e o desenvolvimento cultural são fatores que determinam as condições das antigas civilizações, e esses três fatores podem ser considerados a base das atuais concentrações humanas, pois o processo de desenvolvimento do indivíduo teve como fundamentação a adaptação frente as condições climáticas, as quais, lhe proporcionaram saúde física e mental, além da sensação de bem-estar.

Desde a pré-história, o ser humano cria novas condições de habitabilidade, adequando as suas necessidades e modificando o ambiente construído e natural. Em um contexto histórico, é possível perceber que construir com princípios ecológicos, com resultados de harmonia com a natureza foi algo que a humanidade também praticou, onde observa-se que a adaptação do abrigo ao clima é uma das principais estratégias que homem adotou para construir seu espaço, criando condições que resultassem na harmonização da construção com o entorno onde estava inserido (TORRES, *et al.*, 2014).

Para o autor supracitado, as estratégias refletiam na busca e na condição de sobrevivência frente as adversidades climáticas de determinados locais. Por este motivo que o estudo da arquitetura vernácula permite compreender e definir importantes princípios de sustentabilidade, onde conhecimentos empíricos, que por gerações foram transmitidos, permitem a definição de alguns exemplos da construção do abrigo em harmonia e adaptação com o meio, reunindo formas de expressão e conteúdo, verificadas também pelas atividades sociais e culturais. Devendo-se enfatizar principalmente a utilização de materiais locais nas construções e a adaptação climática como as principais características deste tipo de construção.

Porém, ao longo da história e das alterações dos grupos sociais, o ambiente construído perdeu a vocação de se adaptar ao ambiente natural, e ocupou a posição de maior consumidor de recursos naturais do planeta. Sendo que a atual arquitetura desconsidera uma identidade e padroniza uma mesma linguagem arquitetônica e urbana, bem como a adaptação ecológica é descartada em favor do lucro, do alto consumo energético e da grande exploração dos recursos naturais (TORRES, *et al.*, 2014).

Gonçalves e Duarte (2006) apontam uma visão no âmbito do edifício, onde a análise das características arquitetônicas demonstram que a partir da Segunda Guerra Mundial ocorre a chamada banalização da arquitetura, com o uso indiscriminado e em larga escala do *International Style*, ou seja, do Estilo Internacional que, acompanhado pela crença de que a tecnologia de sistemas prediais ofereciam meios para o controle total das condições

ambientais de qualquer edifício, levou à repetição das caixas de vidro e ao elevado consumo de energia nas décadas seguintes, estilo que se espalhou por cidades do mundo todo. Neste momento, as considerações sobre as premissas fundamentais de projeto e o impacto das escolhas adequadas na composição da edificação não eram determinantes na condição de conforto ambiental e no consumo de energia (GONÇALVES, DUARTE, 2006).

Buscando melhor condições de conforto, o uso de tecnologias artificiais foi adotado indiscriminadamente, aumentando também o consumo de energia como fonte para o funcionamento dos equipamentos de condicionamento, o que ocasionou a crise energética. Vieira, *et al.*, (2015) contextualiza que ao longo dos séculos o homem explorou de maneira desordenada os recursos naturais, consumindo de maneira irracional e gerando consequências negativas para a humanidade, onde o consumo de energia elétrica foi e tem sido maior que a capacidade de produção da mesma.

Assim, Turner, *et al.*, (2002) traz que a evolução da tecnologia e o desenvolvimento de novos sistemas artificiais de iluminação e condicionamento de ar, contribuíram para o conforto das edificações. Entretanto, por um período, estes novos sistemas e a disponibilidade de energia barata fizeram com que os projetistas ignorassem as características climáticas de cada região, o que resultou na dependência e no uso indiscriminado de tais sistemas. Reforçando os autores que “a maior parte do uso global da energia é empregada na redução do impacto do ambiente natural sobre o usuário das edificações” (TURNER, *et al.*, 2002).

Zomer e Rüther (2008) acrescentam que diante da crise energética se fez necessário repensar os processos construtivos, incluindo considerações energéticas e ambientais na sistemática, onde se faz necessário criar uma arquitetura mais econômica, coerente e humana.

Araújo (2001) conclui que o discurso da construção sustentável é uma síntese das escolas, filosofias e abordagens que associam o edificar e o habitar à preocupação com preservação do meio ambiente e saúde dos seres vivos.

Atualmente é possível encontrar diversas opções de tecnologias que auxiliam no baixo consumo energético das edificações, porém observa-se que o uso de alternativas de condicionamento ativo é amplamente aplicado, como o uso de centrais de aquecimento e ar condicionado, dentre outros. Essas tecnologias têm a capacidade de criar projetos de baixo consumo ou até de consumo zero, porém, um projeto desenvolvido considerando as condições locais e climáticas, podem minimizar e substituir a aplicação de técnicas ativas por técnicas passivas.

As estratégias bioclimáticas possibilitem de forma natural, condições de conforto para os usuários das edificações, as quais variam em função do clima, das técnicas construtivas e da utilização da edificação, buscando sistemas passivos a serem aplicadas em edificações de climas subtropicais, buscando o condicionamento da edificação e o conforto do usuário.

Buscando melhorar as condições e a sensação de conforto do homem, desde o século passado, o crescente número de autores que têm estudado estratégias bioclimáticas para projetos arquitetônicos, demonstram uma maior preocupação com o assunto. Entre os principais pesquisadores, Olgyay no ano de 1963, foi um dos pioneiros em propor um procedimento sistemático para adaptar o projeto de uma edificação às condições climáticas.

O método de Olgyay (1963) foi aperfeiçoado por Givoni em 1992, e posteriormente, quando associado às planilhas de Mahoney, as quais propõem um sistema que a partir dos dados climáticos do local, gera inferências por meio de tabelas até obter uma caracterização climática, indicando adequadas soluções e estratégias para melhoria do conforto térmico (NOGUEIRA *et al.*, 2005).

Segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que trata sobre o desempenho térmico de edificações determinando o zoneamento bioclimático brasileiro e estabelece as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, o Brasil é dividido em 8 zonas bioclimáticas, das quais as zonas 1, 2 e 3, caracterizam o clima subtropical delimitado nesta pesquisa. Estas três zonas representam uma maior complexidade na busca de estratégias para o conforto térmico, pois devem atender duas condições extremas, tanto o clima frio quanto o clima quente, que ocorrem nestas zonas no decorrer do ano.

Assim, apontar critérios a serem adotados na escolha das estratégias na fase de projeto permitem uma edificação com características de flexibilidade, podendo adaptar-se tanto ao período de calor como o de frio, visando os conceitos de aplicabilidade e de sustentabilidade das soluções levantadas.

Com base nos estudos de bioclimatologia, e nos aspectos básicos da sustentabilidade, este trabalho **justifica-se** na importância de levantamento e condições para a aplicação em projeto, de sistemas de climatização natural e de aquecimento de água para consumo, focados na melhoria do conforto térmico e redução do consumo de energia.

Nesse sentido, este estudo pretendeu responder o seguinte questionamento: *É possível uma arquitetura bioclimática baseada na correta aplicação de elementos arquitetônicos e tecnologias construtivas para consumir-se menos energia, otimizando o conforto de seus ocupantes?*

Como **hipótese**, este estudo acredita que um bom desenvolvimento projetual, o qual considera os elementos do local de implantação, a utilização de técnicas passivas podem ser aplicadas e as condições ambientais melhoradas, influenciando diretamente nos usuários.

Assim, a importância da arquitetura bioclimática, retorna com uma prática necessária da arquitetura, e é considerada uma das premissas fundamentais do projeto, onde soluções que favoreçam o conforto ambiental e o baixo consumo de energia passam a caminhar com a estética das edificações.

Neste contexto, Maia (2015) traz que o arquiteto, como agente na tomada de decisões durante o projeto, desempenha uma fundamental importância nessa nova etapa da arquitetura, na qual espera-se que os profissionais proponham e utilizem estratégias bioclimáticas em seus projetos, aproveitando as condições climáticas, as características e os recursos naturais disponíveis no local de implantação, melhorando o desempenho térmico e ambiental, reduzindo o consumo de energia das edificações.

Diante do problema e da hipótese, a pesquisa propôs, como objetivo central, definir estratégias de projeto consideradas sustentáveis, com foco nas etapas de concepção e desenvolvimento, buscando a produção de edifícios com menor impacto ambiental para o clima subtropical. E para atingir o objetivo central da pesquisa, delineiam-se diversos objetivos específicos, onde inicialmente será conceituada a temática da sustentabilidade e bioclimatologia, descrevendo a arquitetura passiva e caracterizando as condicionantes climáticas e ambientais do clima subtropical. A partir disso, serão apresentadas alternativas passíveis de aplicação no processo de concepção do projeto arquitetônico, a serem incorporadas em edificações localizadas em clima subtropical.

Como metodologia de pesquisa realizou-se a revisão bibliográfica, onde analisam-se as mais recentes e disponíveis obras científicas que tratem do assunto ou que permitam o embasamento teórico e metodológico para o desenvolvimento do trabalho científico (FINDLAY; COSTA; GUEDES, 2006).

Santos (2006) ressalta que o processo de revisão é importante, pois permite reconhecer e dar crédito à criação intelectual de outros autores, demonstrando a ética acadêmica, onde através da mediação do diálogo entre os autores citados, é possível abrir um espaço para evidenciar que campo de conhecimento em estudo já estabelecido, mas que podem e devem receber novas pesquisas.

O autor destaca um ponto importante, que é justificar as pesquisas prévias reportadas para a revisão, que pode ser feita pela análise entre os autores citados. Para isso, a revisão

bibliográfica deve envolver a busca de trabalhos semelhantes, pesquisas e publicações na área, a fim de identificar quem já pesquisou algo semelhante (RODRIGUES, 2007).

Assim, a partir de um referencial teórico definiu-se a estrutura da base conceitual, com uma abordagem ligada diretamente ao problema de pesquisa, fornecendo informações que permitam definir com mais clareza os aspectos a serem estudados no trabalho.

1. FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS

1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE

A aplicação de sistemas e tecnologias prediais, e a grande importância estética como premissa na concepção arquitetônica, deixaram esquecida por algumas décadas a preocupação com uma arquitetura e edificação sustentável. No contexto atual da prática do desenvolvimento sustentável e da necessidade de redução de consumo dos recursos na construção e arquitetura, os profissionais voltam a assumir a responsabilidade de projetar edificações que respondam ao clima (ZAMBRANO, BASTOS E FERNANDEZ, 2016).

Para Gonçalves e Duarte (2006) somente no final da década de 1980, início de 1990, que as questões de sustentabilidade chegaram à agenda da arquitetura e do urbanismo internacional de forma mais incisiva, e apresentaram novos paradigmas, principalmente no cenário europeu.

A preocupação com a sustentabilidade permitiu o retorno e uma maior valorização as necessidades do conforto ambiental no projeto de arquitetura. O tema da sustentabilidade, conforme Gonçalves e Duarte (2006), influenciou a concepção dos projetos da arquitetura contemporânea, com iniciativas e exemplos nas mais diversas condições urbanas e ambientais, excedendo as questões de conforto ambiental e suas relações com a eficiência energética, recursos para a construção e a operação do edifício como materiais, energia e água.

Assim, o profissional engajado na busca de uma arquitetura sustentável deve sintetizar no projeto, as questões ambientais e tecnológicas. Não esquecendo do contexto ambiental, cultural e socioeconômico, com uma visão de médio e longo prazo (GONÇALVES E DUARTE, 2006). Reforçando os autores, Paul Ekins economista sustentável e codiretor do UK Energy Research Center, traz que:

O desenvolvimento sustentável também necessita tanto de pragmatismo como de idealismo. São necessárias pessoas que possam nos mostrar para qual direção nós podemos estar nos dirigindo, aqueles que possam criar experimentos e projetos pilotos, em certos momentos de pequeno porte e, em outros, de maior porte [...] projetos e experimentos que nos darão confiança para olhar para frente, para um novo milênio, o qual nós podemos estar certos de que será o milênio da escassez dos recursos naturais. Grande parte do planeta já está poluído, e até a metade deste século que se inicia haverá dez bilhões de habitantes na Terra, habitantes que o planeta terá que sustentar. Isto é apenas concebível com sucesso se nós utilizarmos tanto nosso olhar visionário como nosso pragmatismo (EKINS, 1997).

A conciliação entre desenvolvimento econômico e desenvolvimento social respeitando o meio-ambiente é um tema fundamental nas discussões das mais diversas organizações e nos variados níveis sociais (GONÇALVES, 2005). Segundo Santo e Inácio (2010), a sustentabilidade tem repercussões em todas as atividades desenvolvidas pelo homem, e a construção assume um papel de ampla relevância, sendo imprescindível conhecer a evolução do conceito, desde as primeiras preocupações até a atualidade.

1.2 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA

O tema da arquitetura e desenvolvimento sustentável recebeu a sua primeira definição pelo Brundtland Report em 1987 (BRUNDTLAND, 1987), afirmando que desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras.

Nas décadas seguintes, conferências mundiais foram realizadas, como a Rio'92, no Rio de Janeiro, em 1992, e a Rio+10, em Johannesburgo, em 2002. Nesses encontros, protocolos internacionais foram firmados, buscando rever as metas e elaborar estratégias para um desenvolvimento sustentável (MEADOWS, 2004).

Para o autor, o balanço dos resultados dessas conferências foi marcado por questões e conflitos ideológicos e econômicos, onde as ações posteriores ficaram aquém das expectativas e muitos dos problemas ambientais não foram resolvidos. Já Baweja (2008) aponta que a formação da Agenda 21 em 1992 na Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro, foi um passo significativo rumo à arquitetura e desenvolvimento sustentável, onde um novo modelo prescritivo continha as orientações para uma arquitetura sustentável.

Torres *et al.*, (2014) enfatizam que um dos principais conceitos de sustentabilidade defendidos na atualidade é baseado na necessidade do equilíbrio, resgatando referências da ecologia e do conceito de ecossistema, onde a sustentabilidade, estaria mais próxima quanto menor o fluxo de entrada e saída de energia, materiais e resíduos de sua área.

Atualmente, se faz necessário pensar em soluções que promovam condições adequadas aos habitantes e a qualidade de vida dos indivíduos, baseado na redução dos impactos ambientais, tanto no nível da produção de resíduos, como no consumo de recursos naturais. Assim, o processo de desenvolvimento deve ser reordenado do atual padrão de produção e consumo do espaço, para a otimização da relação do homem com o meio natural

(TORRES *et al.*, 2014).

É possível perceber nos dias atuais, que o crescimento populacional desconsidera os limites naturais impostos pela redução ou extinção dos recursos do planeta, colocando em conflito até o sistema econômico contemporâneo, baseado no desenvolvimento ilimitado do capital (SILVA; ROMERO, 2011).

Nesta perspectiva, a bioclimatologia, aplicada ao projeto arquitetônico e urbano é fundamentada, defendida por Torres *et al.*, (2014), pelo princípio de adaptação dos elementos construídos ao meio, considerando as premissas climáticas, objetivando o alcance da sustentabilidade.

Para o autor supracitado, as alterações climáticas locais são evidenciadas pelo aumento do consumo de energia elétrica dos espaços edificados, em consequência do condicionamento artificial, buscando solucionar o desconforto térmico gerado através da alteração do comportamento das variáveis climáticas como temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos.

É fundamental para a sustentabilidade o uso racional dos recursos naturais, onde a forma do ambiente deve ser embasada na interação com o clima e os recursos naturais, e a interferência resultante das necessidades, deve apresentar o mínimo de impacto, como a baixa transferência de dejetos e rejeitos para outros ecossistemas, atuais e futuros (TORRES *et al.*, 2014).

1.3 A PRÁTICA DA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

A prática da arquitetura que considera nas bases do projeto soluções que favoreçam principalmente o conforto ambiental e o baixo consumo de energia, retoma sua importância dentro da sustentabilidade, sendo conceituada como arquitetura bioclimática (MAIA, 2015).

Para Corbella e Yannas (2003), a arquitetura sustentável é a continuidade natural do conceito de bioclimática, onde considera-se a integração do edifício com o meio ambiente, tornando este, parte de um conjunto maior. A Arquitetura deve criar prédios buscando aumentar a qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrando as características do ecossistema e do clima local, buscando um menor consumo de energia, sendo compatível com o conforto ambiental, resultando em um mundo menos poluído para as gerações futuras.

Lamberts, Dutra e Pereira (2014) definem que, “os conceitos de bioclimatologia além

de buscarem o conforto térmico dos usuários, atuam diretamente na redução do consumo energético dos edifícios, por priorizarem as soluções passivas de ventilação e iluminação”.

Para Trindade (2006), mesmo com a difusão das preocupações com a sustentabilidade das edificações no Brasil, o uso de conceitos de bioclimatologia e de eficiência energética ainda são pouco explorados e utilizados, principalmente nas regiões menos desenvolvidas do país. Dessa maneira, a arquitetura bioclimática encontra barreiras para o seu uso e aplicação, assim como é dificultada pela falta de ferramentas de simulação acessíveis à grande maioria dos profissionais da arquitetura, que são responsáveis pela concepção do projeto e pela implementação de soluções passivas nas edificações.

1.4 CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA EDIFICAÇÕES

Os edifícios mais sustentáveis buscam reduzir os impactos ambientais, apresentando custos operacionais e de manutenção menores que os edifícios tradicionais. Porém, o aspecto econômico torna-se um obstáculo na visão do projeto de arquitetura sustentável devido à falsa percepção de seus custos serem mais altos (QUADROS *et al.*, 2013). Entretanto, como complementa Dalmoro *et al.* (2009), os benefícios do desenvolvimento sustentável apresentam-se em longo prazo, pois em curto prazo os custos são elevados por ser indispensável a adaptação de metodologias, novos procedimentos e tecnologias.

Para Abreu *et al.*, (2008) a composição entre desenvolvimento econômico e social com reverência as questões ambientais é um tema indispensável e em pauta nas discussões das mais diversas organizações e nos mais diferentes níveis da sociedade.

A esfera da construção civil não poderia estar de fora desse cenário por causar impactos ambientais em todas as etapas de suas atividades. Diante deste contexto, foram criados os Sistemas de Certificações que desempenham o papel de avaliar o impacto ambiental das edificações. Ferramentas essenciais à construção de um mercado engajado as questões ambientais. No Brasil, os selos específicos para as edificações mais utilizados são o “Alta Qualidade Ambiental - AQUA” e o *Leadership in Energy and Environmental Design* – LEED (QUADROS *et al.*, 2013).

Para Quadros *et al.* (2013), a necessidade de otimizar e administrar os recursos naturais diminuindo os impactos no meio ambiente, criou conceitos e diretrizes que devem ser avaliados e incorporados em todas as etapas do ciclo de vida, que se iniciam na fase de

planejamento e permeiam todas as fases subsequentes: projeto, implementação/construção, operação/manutenção e comissionamento.

Dessa forma, os sistemas de avaliação de desempenho ambiental, conhecidos como certificações foram criados, e os princípios estabelecem parâmetros a serem seguidos e medidos, a fim de proporcionar menor impacto e melhor performance do edifício (QUADROS *et al*, 2013).

Cabral (2009) esclarece que o objetivo da certificação ambiental está ligado as questões energéticas e também às outras questões relativas aos recursos naturais como: ar, água, materiais e solo, levando em consideração as características de cada região.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: ARQUITETURA PASSIVA APLICADA A ARQUITETURA

2.1 CONCEITO DE ARQUITETURA PASSIVA

As construções, segundo os princípios bioclimáticos, devem estar em harmonia com o ambiente em que estão inseridas, considerando o microclima local e os recursos naturais (OLGYAY, 1998).

A Arquitetura Passiva, conforme definição de Gurgel (2012), possibilita o conforto térmico através de técnicas que permitem melhores condições de ventilação e iluminação com menor demanda de energia elétrica. Para a autora, o conceito de arquitetura passiva agrega princípios capazes de reduzir os gastos energéticos e as emissões de dióxido de carbono, por meio de soluções práticas apropriadas para serem adaptadas às condicionantes locais e especificidades do projeto.

O uso de estratégias que contemplem o aproveitamento do sol, vento, temperatura e vegetação do local proporcionam um maior conforto ambiental dentro do ambiente construído. Desta forma, uma edificação focada na sustentabilidade e nos princípios bioclimáticos devem aplicar soluções passivas, para manter o equilíbrio térmico com o meio, evitando o uso de mecanismos de condicionamento artificial (NEVES, 2006).

Empregar as condutas da Arquitetura Passiva, baseia-se na busca da eficiência energética, a fim de reduzir as demandas por energia de uma edificação. Dentre os princípios fundamentais dos princípios e estratégias passivas, pode-se verificar a adaptação da edificação ao clima local, a correta orientação da construção, aberturas bem posicionadas e protegidas, aproveitamento das massas térmicas, isolamento térmico e ventilação cruzada (GURGEL, 2012).

Lamberts *et al.*, (2010) reforçam que para escolher e aplicar determinado princípio da arquitetura passiva, é necessário conhecer as exigências do clima do local de implantação e as opções mais adequadas, adaptando as edificações ao ambiente em que elas se encontram.

2.2.1 Base da arquitetura passiva: o princípio da bioclimática

Em 1963 o termo bioclimático surge na aplicação de conceitos do estudo do clima na

definição de parâmetros de conforto nas edificações dos irmãos Olgyay. Entre outros avanços em bioclimatologia, os precursores da expressão “projeto bioclimático” desenvolveram a carta bioclimática, que relaciona dados climáticos aos limites do conforto térmico, identificando estratégias do projeto (OLGYAY, 1973).

De acordo com Caldas (2002), a arquitetura bioclimática é uma adaptação da produção arquitetônica às condições climáticas locais. Oliveira (2006) complementa que a bioclimatologia seria um conjunto de recursos que oferecem subsídios para o planejamento da edificação, aproveitando os elementos do clima para satisfazer exigências de conforto térmico, ou seja, a bioclimatologia é baseada em estratégias de projeto para vencer as adversidades climáticas (OLIVEIRA, 2006).

De acordo com Oliveira (2006), Olgyay formulou um método de quatro estratégias integradas para a construção de um edifício climaticamente equilibrado:

- Clima: através da análise dos elementos climáticos e microclimáticos do local, tais como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e efeitos do vento;
- Biologia: compreensão das necessidades biológicas e conforto humano;
- Tecnologia: através da combinação de soluções tecnológicas para solucionar problemas de conforto ambiental; e
- Arquitetura: representa a combinação de todas as soluções formalizando-se na edificação (OLIVEIRA, 2006).

Com os tópicos acima mencionados integrados há melhor eficiência energética de um edifício, trazendo benefícios ao meio ambiente e ao usuário com um projeto que atenda suas necessidades de forma sustentável.

2.2.2 Arquitetura passiva nos dias atuais

Segundo Costa (2015), a arquitetura passiva é um conceito construtivo, que define um padrão que atenda as demandas por eficiência energética, de conforto, e que ainda seja economicamente acessível e ecologicamente correto. Os edifícios de baixo gasto energético tornaram-se um preceito, visto que esse tipo de construção emprega uma envoltória térmica de alta qualidade, a prevenção de trocas térmicas, vidros com isolamento e ventilação controlada.

Para Montaner (2014), a consciência ecológica atual veio se constituindo a partir da

crítica à falsa eficácia de muitos edifícios, a partir da verificação de que as cidades atuais fundamenta-se na reprodução, em grande escala, dos mesmos erros presentes na relação entre os edifícios e o ambiente. Observado com a difusão do pano de vidro, da moda dos edifícios totalmente em vidro a despeito da sua orientação e insolação, e com o uso abusivo da climatização artificial, sendo uma lamentável regressão tecnológica.

Gonçalves e Duarte (2006) trazem que as abordagens de projeto na arquitetura contemporânea contam com iniciativas e exemplos nas mais diversas condições ambientais. Extrapolando as questões de conforto ambiental e suas relações com a eficiência energética, recursos para a construção e a operação do edifício, como materiais, energia e água, fazem parte das variáveis que vêm sendo exploradas, com especial atenção na formulação de propostas de menor impacto ambiental.

Ainda para os mesmos autores, a arquitetura de baixo impacto ambiental não pressupõe um estilo ou um movimento arquitetônico, podendo ser encontrada na arquitetura vernacular das mais variadas culturas como em muitos exemplos do modernismo e, ainda, na arquitetura mais recente, rotulada como *high-tech* ou *eco-tech*. Ou seja, independente da vertente, as soluções de projeto para o conforto ambiental e a eficiência energética relacionam os mesmos conhecimentos da física aplicada (transferência de calor, mecânica dos fluidos, física ondulatória e ótica) com os recursos locais e tecnológicos.

2.2.3 Princípios projetuais da arquitetura passiva

As especificações de projeto exercem um impacto no desempenho térmico do edifício, por terem um papel determinante no uso das estratégias de ventilação natural, reflexão da radiação solar direta, sombreamento, resfriamento evaporativo, isolamento térmico, inércia térmica e aquecimento passivo. Assim, o uso apropriado de uma dessas estratégias, ou de um conjunto delas, por sua vez, vai ser determinado pelas condições climáticas, exigências do uso e ocupação, e parâmetros de desempenho (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Lamberts *et al.* (2014) complementa que o partido arquitetônico é a premissa do projeto, ou seja, o que norteia o desenvolvimento do projeto. O partido sugere as etapas do processo de projeto. Quanto aos conceitos bioclimáticos, os autores afirmam que esse é o momento que devem ser incorporados, onde informações devem ser obtidas como dados de

análise do clima local, análise do terreno, orientação e dados referente ao programa de necessidades do cliente.

Gonçalves e Duarte (2006) concluem que para diferentes tipologias arquitetônicas, considerações quanto ao conforto ambiental e eficiência energética tornaram-se prioridade, onde explorar estratégias passivas inerentes às características dos projetos é fundamental, englobando implantação, orientação, forma, composição das envoltórias, posicionamento e especificação dos fechamentos transparentes e outros.

2.2 IMPLANTAÇÃO

A condição de implantação ou análise do terreno é um dos aspectos importantes pois, englobam questões legais, as dimensões, a orientação, a topografia e a presença de vegetação, água e outros elementos ou barreiras que podem obstruir condições de insolação e vento (LAMBERTS *et al*, 2014).

Maia (2015), o processo de implantação e análise evidencia a necessidade da seleção consciente de recursos, métodos construtivos, materiais, transporte e aplicação, sendo função do profissional projetar de forma a causar o menor impacto possível no canteiro, seja com supressão de vegetação, remoção de moradias, rebaixamento de lençol freático e remoção extrema de volume de terra.

A correta implantação da edificação para Porto (2006), considerando-se as condições de adequação ao percurso do sol, com o correto dimensionamento das aberturas com relação aos ventos predominantes, a coerente implantação da obra na topografia do terreno no sentido de equilibrar adequadamente os níveis, e o uso da vegetação local, criando o adequado microclima devem estar na raiz do projeto.

Nesse sentido, a implantação deve ser valorizada, sendo dominada as diversas possibilidades e formas de empregar estratégias de projeto que tiram proveito das condições climáticas e dos recursos naturais do local de implantação, visando maximizar os benefícios térmicos e ambientais e reduzir o consumo energético das edificações (MAIA, 2015).

2.2.1 Clima Local

O clima local fornece informações sobre como o projeto deve ser conduzido, onde a

análise climática permite definir quais estratégias bioclimáticas devem ser incorporadas ao projeto, em função do clima local e para cada período do ano. Saber a correta estratégia de projeto permite elaborar uma obra que vise o conforto e a eficiência energética (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Conforme Maia (2015), os arquitetos mais antigos, projetavam edificações extremamente influenciadas pelas respostas ao clima local, com uma arquitetura responsiva ao clima. Nessa prática de arquitetura as premissas fundamentais do projeto, consideram soluções que favoreçam principalmente o conforto ambiental e o baixo consumo de energia, onde a arquitetura bioclimática retoma sua importância dentro da sustentabilidade.

As formas resultantes da arquitetura, são para Gonçalves (2002) influenciadas por estratégias passivas, ou seja, aquelas que usam o próprio clima do local no processo de climatização dos espaços internos. Bode (2002, *apud* Gonçalves, 2002) complementa que essa é uma definição apropriada do que é ser inteligente na arquitetura e na engenharia de edifícios.

2.2.2 Usuários

Lamberts *et al.*, (2014) traz que a análise do comportamento e vestimentas dos usuários dos ambientes, metabolismo, geometria do ambiente e os horários críticos de uso são fundamentais como parâmetros de projeto que buscam as condições adequadas de conforto.

Os edifícios além de emoldurar as atividades, também atendem as necessidades específicas dos usuários, onde promove a questão prática de projetar deve, satisfazer essas exigências (ROGERS, 1998, *apud* PORTO, 2006).

Buscando traduzir as exigências dos usuários, a Norma de Desempenho da ABNT, NBR 15575 (2013) aponta requisitos e critérios para que o desempenho mínimo seja alcançado nas edificações. Para Maia (2015) identificar os aspectos relevantes para composição de um empreendimento, norteando e selecionando as ações necessárias, e considerar diversos conceitos como local de implantação e características dos usuários.

2.2.3 Programa de necessidades

De acordo com Lamberts *et al.* (2014), no processo de composição as informações

básicas, deve-se elaborar um programa de necessidades, incluindo informações que possam ser útil e aplicadas ao projeto bioclimático, como necessidade de ventilação natural, iluminação natural, sol ou sombra, necessidade de isolamento térmico, condicionamento artificial, entre outros são informações adicionais ao programa, porém fundamentais ao auxílio na tomada de decisões no processo de elaboração de projeto.

Moreira e Kowaltowski (2009) complementam que o programa de necessidades é sinônimo do programa arquitetônico. Por definição, realizar a programação arquitetônica implica em levantar, compreender e organizar as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto do edifício, e para isso, o procedimento deve lidar com dados de diferentes naturezas, obtidos em diversas fontes, mas que devem estar organizados e documentados a fim de dar apoio ao processo seguinte, o projeto.

2.2.4 Função

De acordo com Maia (2005), a função arquitetônica repercute diretamente na eficiência energética do edifício e nas escolhas das estratégias bioclimáticas a utilizar. Para Hall (1981, *apud* Lamberts, *et al.* 2014), o profissional da arquitetura deve entender além as relações térmicas, acústicas e visuais, as relações antropométricas e proxêmicas¹ entre o homem e o espaço.

Em Lamberts *et al.* (2014), a função arquitetônica é relembraada como um dos vértices do triângulo vitruviano, o qual interage com a forma e com eficiência energética do edifício, onde o estudo da função arquitetônica é primordial na escolha de critérios ou estratégias bioclimáticas a serem adotadas, sendo que o mesmo projeto arquitetônico, com diferentes fins (comercial ou habitação), pode resultar em comportamentos energéticos.

Maia (2015) ilustra a situação de diferente comportamento em que a função de um edifício comercial que possui uso predominante diurno, onde os usuários estão expostos aos ganhos de calor do sol, iluminação artificial e dos equipamentos é diferente de um edifício residencial que apresenta alto consumo com aquecimento de água para o banho, por exemplo.

¹ Estudo das distâncias físicas que as pessoas estabelecem espontaneamente entre si no convívio social, e das variações dessas distâncias de acordo com as condições ambientais e os diversos grupos ou situações sociais e culturais em que se encontram (Fonte: Dicionário Informal, 2018)

2.2.5 Forma

A forma arquitetônica possui direta relação com as condições de conforto ambiental de uma edificação e, conseqüentemente, no consumo de energia, pois interfere diretamente nas condições de fluxo de ar e quantidade de luz e calor recebidos pela edificação (LAMBERTS *et al*, 2014).

De acordo com Porto (2006), a forma arquitetônica preocupada com as condições de sustentabilidade, em uma primeira análise resultará das condicionantes naturais do meio em que está inserido, e que as conseqüências formais decorrem da busca da sustentabilidade.

Gonçalves e Duarte (2006) trazem que o projeto arquitetônico que adota estratégias passivas, terá um resultado formal e espacial distinto daquele em que não considera as adequações bioclimáticas. Assim, pensar o projeto arquitetônico segue um método que envolve desde a análise do clima até o detalhamento arquitetônico, abrindo um conjunto de possibilidades para as decisões de projeto.

Os autores concluem que, as soluções para o cumprimento das exigências de conforto ambiental, como o sombreamento, a iluminação e a ventilação natural, de espaços externos e internos também servem à expressão formal da arquitetura, e em alguns casos vai além do conforto e da eficiência energética, na medida em que incorporam aspectos estéticos inspirados em formas orgânicas baseada nas relações com o ambiente natural.

2.2.6 Materiais

A especificação dos materiais construtivos é fundamental a composição formal, sendo função do arquiteto realizar tal decisão. Nesse processo, deve ser considerado o ganho de calor do fechamento, ou seja, a transmitância térmica, fundamental no desempenho em termos de trocas térmicas entre o ambiente interno e externo (LAMBERTS *et al.*, 2014).

A questão dos materiais é muito presente nas discussões sobre a arquitetura sustentável, todavia, conforme apresenta Gonçalves e Duarte (2006), a especificação dos materiais não está necessariamente ligada aos classificados como ecologicamente corretos. Para os autores, o desafio está na escolha do melhor material para um determinado fim, onde além do desempenho térmico, a escolha deve também incluir uma avaliação quanto às questões de disponibilidade do material e sua energia incorporada, que são partes integrantes do conceito de ciclo de vida útil do material ou do componente.

A escolha dos materiais de construção para Oliveira (2015) é um dos fatores agregados à sustentabilidade na arquitetura, o qual é importante definir que não existe um material totalmente sustentável em qualquer situação ou tipo de uso, ou seja, depende da situação em que o projeto se insere. O material será aplicado de acordo com a sua necessidade ou função (revestimento, alvenaria, estrutura, entre outros), metodologia de produção, aplicação na edificação, como pavimento, cobertura, parede, local de implantação da obra, zona bioclimática, hábitos e costumes do usuário, e ainda a energia incorporada na fabricação ou preparação.

2.3 ESTRATÉGIAS PASSIVAS APLICADAS EM PROJETO

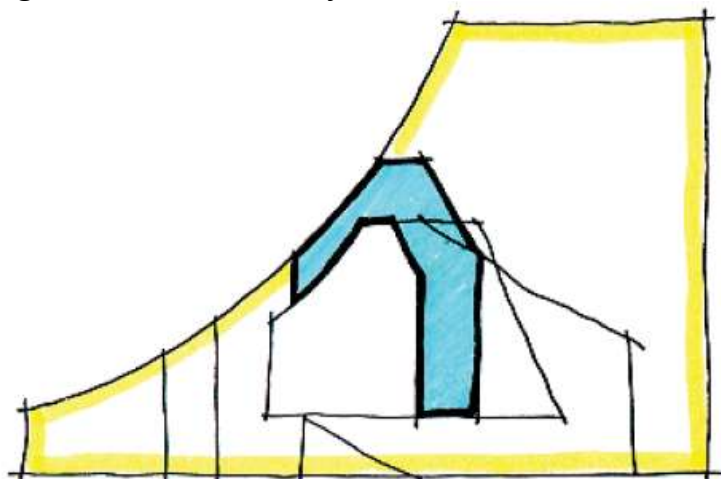
As estratégias de projeto respondem as questões de análise da bioclimática, e o resultado desejável será alcançado através de estudos de cada alternativa em estudo, considerando o desempenho dos materiais construtivos, as alternativas de composição e a tomada de decisão de aspectos como implantação do projeto e as condicionantes locais (LAMBERTS *et al*, 2014).

Segundo os autores, as estratégias bioclimáticas devem ser escolhidas e abordadas no início do processo, sendo as passivas que compõem elementos de um projeto bioclimático tratam de estratégias quanto a ventilação, resfriamento evaporativo e umidificação, inércia térmica e aquecimento solar passivo. Algumas das estratégias podem ser associadas conforme o local de implantação e a necessidade de melhor adequação da edificação ao clima.

2.3.1 Ventilação

Conforme Projeteer (2018), a ventilação (Figura 1) pode exercer três diferentes funções em relação ao ambiente construído: renovação do ar, resfriamento psicofisiológico e resfriamento convectivo.

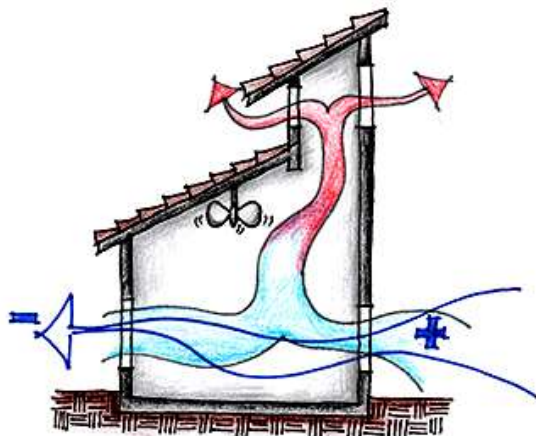
Figura 1: Zona de ventilação



Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

Os sistemas passivos de ventilação (Figura 2) baseia-se em diferenças de pressão para mover o ar fresco através dos edifícios. Essa diferença de pressão pode ocorrer em função da ação do vento ou por diferenças de temperatura, o que configura dois tipos principais de ventilação passiva: a ventilação cruzada e a ventilação por efeito chaminé, as quais podem ser adotadas conjuntamente (PROJETEE, 2018).

Figura 2: Ventilação passiva



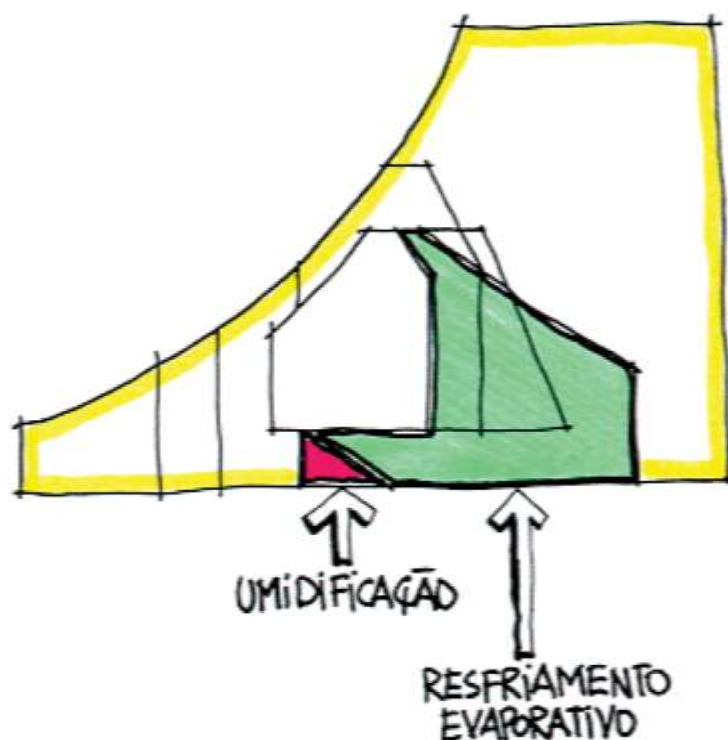
Fonte: Projete (2018)

De acordo com Lamberts *et al.* (2014), o efeito chaminé ocorre devido à densidade das diferentes massas de ar quente e frio, em que o ar quente é menos denso e por isso sobe, enquanto que o ar frio, por apresentar maior densidade, desce. Já na ventilação cruzada exploram-se os efeitos de pressão negativa e positiva que o vento exerce sobre a edificação ou qualquer outro anteparo através das aberturas.

3.1.2 Resfriamento evaporativo e umidificação

O processo de resfriamento evaporativo (Figura 3) baseia-se na evaporação da água para retirada de calor do ambiente ou do material sobre o qual a evaporação acontece, e o grau de resfriamento é determinado pela velocidade da evaporação, onde quanto mais rápido o processo de evaporação maior a redução de temperatura (PROJETEEE, 2018).

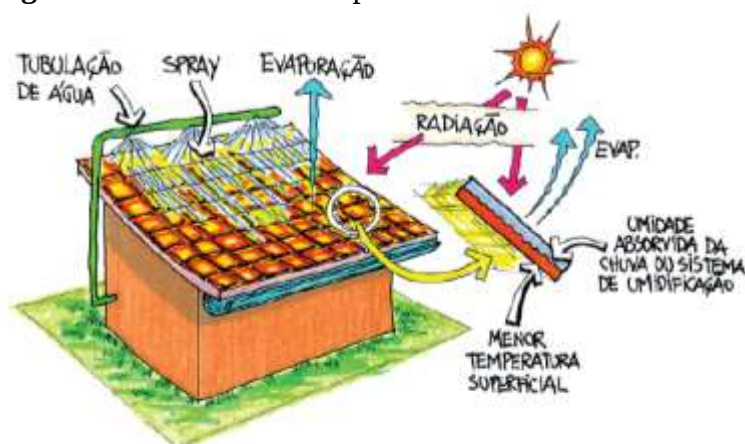
Figura 3: Zona de resfriamento evaporativo e zona de umidificação



Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

O resfriamento evaporativo pode ser direto ou indireto. No resfriamento direto (Figura 4) o ar é umidificado enquanto sua temperatura é reduzida, sendo que o objetivo é fazer com que a água evapore, adicionando a quantidade adequada de água para atingir resfriamento, umidade ou melhoria da qualidade do ar no ambiente (PROJETEEE, 2018).

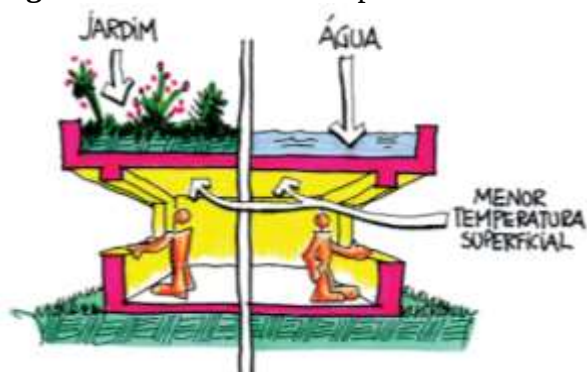
Figura 4: Resfriamento evaporativo direto



Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

No sistema de resfriamento evaporativo indireto (Figura 5) soluções arquitetônicas com acumulação de água ou cobertura vegetal, por exemplo, promovem a evaporação da água em função da incidência solar, ocasionando a redução da temperatura radiante média do interior do ambiente (Lamberts *et al.*, (2014).

Figura 5: Resfriamento evaporativo indireto



Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

2.1.3 Inércia Térmica

A inércia térmica, conforme Lamberts *et al.*, (2014) pode ser usada para aquecer ou resfriar (Figura 6), conforme as condições climáticas e a necessidade do edifício onde este foi implantado.

Figura 6: Zona de inércia térmica para aquecimento ou resfriamento



Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

O uso da inércia térmica (Figura 7) para aquecimento é constituído por fechamento opacos mais espessos, e maiores áreas de aberturas orientadas para o sol. Essa condição possibilita acumular o calor recebido pelo fechamento durante o dia, assim no período da noite, quando as temperaturas tendem a ser mais baixas, o calor é transferido para dentro do ambiente. Em locais em que haja necessidade de resfriamento, a estratégia passiva de inércia térmica para resfriamento é realizada através do sombreamento das aberturas, evitando a ventilação diurna, onde a temperatura do ar é mais elevada. No período da noite a ventilação natural deve ser realizada de forma seletiva, e com o objetivo de retirar o calor acumulado durante o dia (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Figura 7: Inércia térmica para resfriamento ou aquecimento

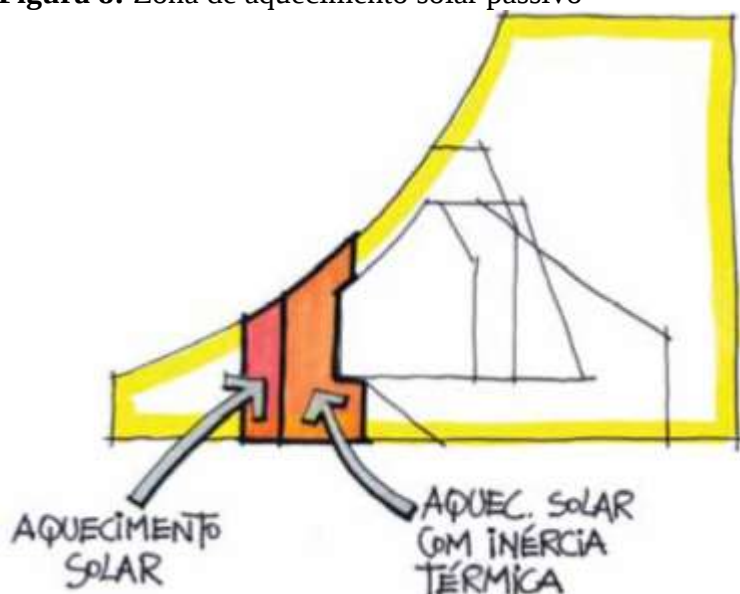


Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

2.1.4 Aquecimento solar passivo

O aquecimento solar passivo (Figura 8) é uma estratégia que consiste na utilização da radiação solar direta para aquecimento da edificação, podendo ser direto ou indireto.

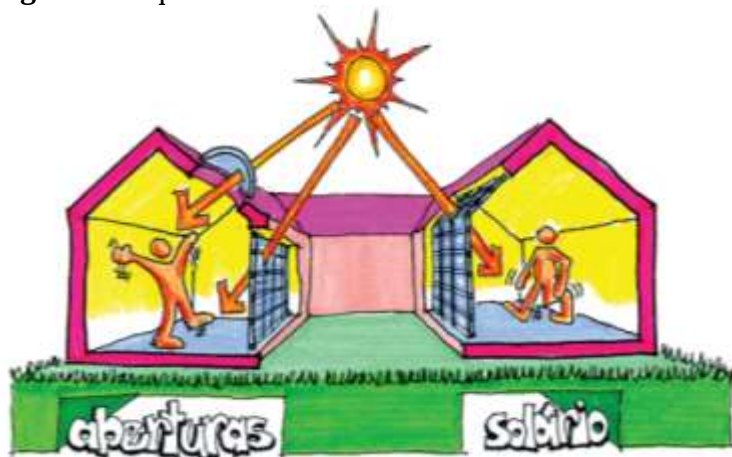
Figura 8: Zona de aquecimento solar passivo



Fonte: Lamberts, *et al.*, (2014)

Projeteee (2018) define que no aquecimento solar direto (Figura 9), a radiação solar é admitida diretamente no ambiente através das aberturas ou superfícies transparentes. Neste sistema, a radiação (onda curta) é absorvida diretamente pelas superfícies transparentes, e refletida pelas superfícies internas (onda longa), permanecendo no interior da edificação.

Figura 9: Aquecimento solar direto



Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

No aquecimento solar indireto (Figura 10) associa-se a estratégia de elevada inércia térmica, onde são utilizados componentes de alta capacidade térmica, que ficam sujeitos a exposição direta dos raios solares. Esses componentes retêm o calor absorvido liberando-o lentamente para o ambiente quando as temperaturas internas são inferiores (PROJETEEE, 2018).

Figura 10: Aquecimento solar indireto



Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

O aquecimento solar passivo é amplamente utilizado devido ser uma solução mais prática e de fácil aplicação, tendo validade em ambientes que tem necessidade de serem aquecidos ou resfriados.

3. ABORDAGEM E ESTUDO DE CASO: A BIOCLIMÁTICA APLICADA EM EDIFICAÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL

Este tópico trata-se da revisão de cartas bioclimáticas desenvolvidas por Olgyay (1963) e Givoni (1992), e tem por objetivo auxiliar no levantamento das necessidades e prioridades, referentes às questões térmicas a partir das condições climáticas, padrões fisiológicos de conforto e estratégias de projeto.

3.1 O PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico é uma atividade muito complexa que compreende um corpo de valores técnicos, científicos e artísticos, em que o último suplanta os outros dois em muitos casos (HARTOG, 2004).

Na Conferência de Oxford, no final dos anos 50 do século passado, o conhecimento é reconhecido como material privilegiado para o projeto. Embora não seja um substituto para a imaginação arquitetônica, é considerado necessário para o exercício eficaz da imaginação e da habilidade de projetar (BROADBENT, 2004).

De acordo com Szokolay (2002), o pensamento científico deve impregnar os estágios iniciais de projeto para impedir que a arquitetura dê passos para trás para tornar-se uma simples forma de arte, em que não haja formas objetivas de classificá-la ou de qualificá-la (SZOKOLAY, 2002).

É essencial observar de que maneira o arquiteto lida com aspectos da bioclimatologia, tais como o clima e os materiais locais, como as variáveis consideradas estão estruturadas e quais são as necessidades do arquiteto quando ele manipula o conjunto destas variáveis. É necessário considerar a fluidez do processo para incluir o desempenho das questões ambientais entre as considerações básicas essenciais de projeto. Para fazer isto, é necessário identificar a lógica além dos métodos ou procedimentos organizacionais. Enfatiza-se a importância de compreender a influência das bases de conhecimento e crenças do arquiteto na consideração, ou não, de questões bioclimáticas e de sua influência efetiva nas escolhas de projeto (MACIEL, 2006).

3.2 O PROJETO ARQUITETÔNICO E A QUALIDADE DO AMBIENTE

Para Rocha (2016) o projeto arquitetônico atual deve considerar as questões ambientais e observar a tendência de normas cada vez mais rígidas com relação à questão ambiental, exigindo uma maior preparação dos profissionais para projetarem edifícios com qualidade ambiental e eficiência energética, melhorando o desempenho da edificação durante sua vida útil, levando em consideração os aspectos ambientais, sociais, econômicos, o entorno, a gestão dos recursos e a especificação dos materiais.

Considerando o desempenho ambiental da arquitetura, o conforto e à eficiência energética dentro do conceito de sustentabilidade, Gonçalves e Duarte (2006) trazem que na fase conceitual e definição do partido arquitetônico, o projeto de um edifício deve incluir o estudo dos seguintes tópicos:

- Orientação solar e aos ventos;
- Forma arquitetônica, arranjos espaciais, zoneamento dos usos internos do edifício e geometria dos espaços internos;
- Características, condicionantes ambientais (vegetação, corpos d'água, ruído, entre outros) e tratamento do entorno imediato;
- Externas, considerando desempenho térmico e cores;
- Tratamento das fachadas e coberturas, de acordo com a necessidade de proteção solar;
- Áreas envidraçadas e de abertura, considerando a proporção quanto à área de envoltória, o posicionamento na fachada e o tipo do fechamento, seja ele vazado, transparente ou translúcido;
- Detalhamento das proteções solares considerando tipo e dimensionamento;
- Detalhamento das esquadrias.

Esses aspectos quando analisados em conjunto, exercem um impacto significativo no desempenho térmico da edificação, por serem determinantes no uso das estratégias de ventilação natural, reflexão da radiação solar direta, sombreamento, resfriamento evaporativo, isolamento térmico, inércia térmica e aquecimento passivo. O uso apropriado de uma, ou um conjunto de estratégias, vai ser condicionados pelos aspectos de clima local, das exigências do uso e ocupação, e dos parâmetros de desempenho. O aproveitamento da iluminação natural também é inerente ao projeto, como a orientação solar, a geometria dos ambiente, as cores e o projeto das aberturas e proteções de radiação solar (GONÇALVES E DUARTE, 2006).

Para alcançar uma arquitetura com conforto ambiental e eficiência energética, Maia (2015) afirma que é essencial incorporar as características climáticas locais nas soluções do projeto. Para a autora, algumas ferramentas podem orientar a tomada de decisão e ajudar na interpretação de dados climáticos, mesmo sem conhecimento prévio a respeito de como atuar em determinada condição climática.

Acerca da qualidade de projeto, um importante conceito que segundo Fabrício (2002) deve ser incorporado no processo de elaboração, conhecido como Projeto Simultâneo. Esse conceito prevê a participação de todos os envolvidos, onde todas as expectativas e necessidades dos participantes são informadas e definidas para que o projeto de arquitetura possa atender, desde a concepção, aos conceitos mais importantes e complementares. Assim, após definida a etapa de Informações Básicas, inicia-se a etapa de Concepção ou *Briefing*, onde os projetistas de estrutura, sistemas prediais e tecnologia construtiva fornecem informações importantes a serem incorporadas pelo profissional na produção do anteprojeto de arquitetura.

Maia (2015) acrescenta que a preocupação com a sustentabilidade entre todos os envolvidos, desde a etapa de concepção do projeto, potencializa a definição de boas soluções e possibilita uma eficiência significativa dos edifícios em busca da sustentabilidade, na escolha a instalação de equipamentos eficientes ou vidros de controle solar.

O autor supracitado traz que o trabalho do profissional de arquitetura é importante no intuito de gerenciar e agrupar as informações e soluções previstas entre as várias especialidades envolvidos no projeto. O projeto de arquitetura sustentável requer a determinação dos critérios e objetivos a serem alcançados, de maneira a orientar o processo de elaboração de projeto (MAIA, 2015).

Suh (1990, *apud* Graça, Kowaltowski e Petreche, 2011) traz que o projeto arquitetônico deveria basear-se na definição de axiomas (ou princípios) que determinam a boa prática do projeto, sendo determinado pelo conceito de Projeto Axiomático. Esse conceito segundo o autor, busca diminuir a subjetividade na tomada de decisão por um único profissional, sistematizando e racionalizando o processo.

Graça, Kowaltowski e Petreche (2011), acrescentam que o projeto começa com o reconhecimento das necessidades do cliente que serão traduzidas pelo profissional através de Requisitos Funcionais (RF), onde o arquiteto deve satisfazer os itens, de maneira eficiente. Sendo que pra alcançar uma arquitetura sustentável, o arquiteto deve acrescentar e prever critérios, provavelmente não exigidos pelo cliente, na lista de requisitos inicialmente elaborada.

A partir deste conceito, Maia (2015) conclui através do entendimento e da importância de tratar o conceito e tema da sustentabilidade como uma premissa de projeto, onde as estratégias a serem utilizadas na busca por uma arquitetura de melhor conforto ambiental e eficiência energética devem ser muito bem definidas. Se os princípios de projeto não forem definidos na etapa de concepção do projeto, as decisões acabam sendo realizadas de modo empírico.

3.3 CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY

Na década de 60, Olgyay buscou dentro de uma sequência de variáveis (clima, biologia, tecnologia e arquitetura) encontrar o método que compreende inicialmente, uma análise de dados climáticos, acompanhado de uma avaliação psico-biológica (ANDRADE, 1996).

Russi *et al.*, (2012) acrescenta que Olgyay organizou em função da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar, dados de temperatura de vários períodos do ano e como resultado, definiu estratégias para as diferentes regiões divididas por zonas de conforto.

O diagrama de Olgyay foi elaborado para regiões de clima quente e úmido e para regiões temperadas, baseando-se nas temperaturas médias de verão. Permitindo que cada lugar obtivesse uma região de conforto com recomendações de implantação do projeto, com detalhes da edificação como volume, forma, orientação, tipo de aberturas, cor, entre outros (RUSSI *et al.*, 2012).

3.4 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI

Conforme apresentado por Andrade (1996), em 1968, Givone elaborou novos estudos sobre o trabalho de Olgyay, onde buscou em pesquisas já realizadas um modelo biofísico que descreve mecanismos de troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, chamado Índice de Stress Térmico (ITS). Este utilizou como variáveis para cálculo, a temperatura do ar, umidade (pressão de vapor), movimento de ar, radiação solar, taxa metabólica e vestimenta.

De acordo com Russi *et al.* (2012), o método de Olgyay é aplicável apenas ao ambiente externo, Givoni melhorou essa carta considerando que uma edificação de maior

massa possui um clima interno diferente do externo. Givoni corrigiu a limitação do método anterior estendendo a zona de conforto por meios de zonas de estratégias, relacionando as alterações das condições climáticas externas através de princípios básicos de projeto da edificação, juntamente com propriedades de sua envoltória. Para os autores, a Carta de Givoni é a mais aconselhada para países com clima mais quente, como o Brasil.

3.5 PLANILHAS DE MAHONEY

Segundo Russi *et al.* (2012), Carl Mahoney desenvolveu tabelas que quando preenchidas com as informações climáticas locais, resultam em indicativos sobre orientação solar, formato e estrutura, necessários ao estágio inicial de projeto. As planilhas de Mahoney, não necessitam de hipóteses preliminares, sendo necessários apenas os resultados obtidos com o preenchimento das tabelas e os valores de conforto limite, aconselhados para cada local.

3.6 O ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO COMO CONDICIONANTE DE PROJETO

Atualmente, o zoneamento bioclimático brasileiro é definido pela NBR 15220 (ABNT, 2005), sob o título geral “Desempenho térmico de edificações”, e apresenta as seguintes 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;
- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

Segundo a norma, a avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser realizada tanto na fase do projeto quanto após a construção, sendo que a avaliação na edificação já construída pode ser feita através de medições *in loco* de variáveis representativas

do desempenho, e na fase de projeto esta avaliação pode ser através de simulação computacional ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas (ABNT NBR 15220, 2005).

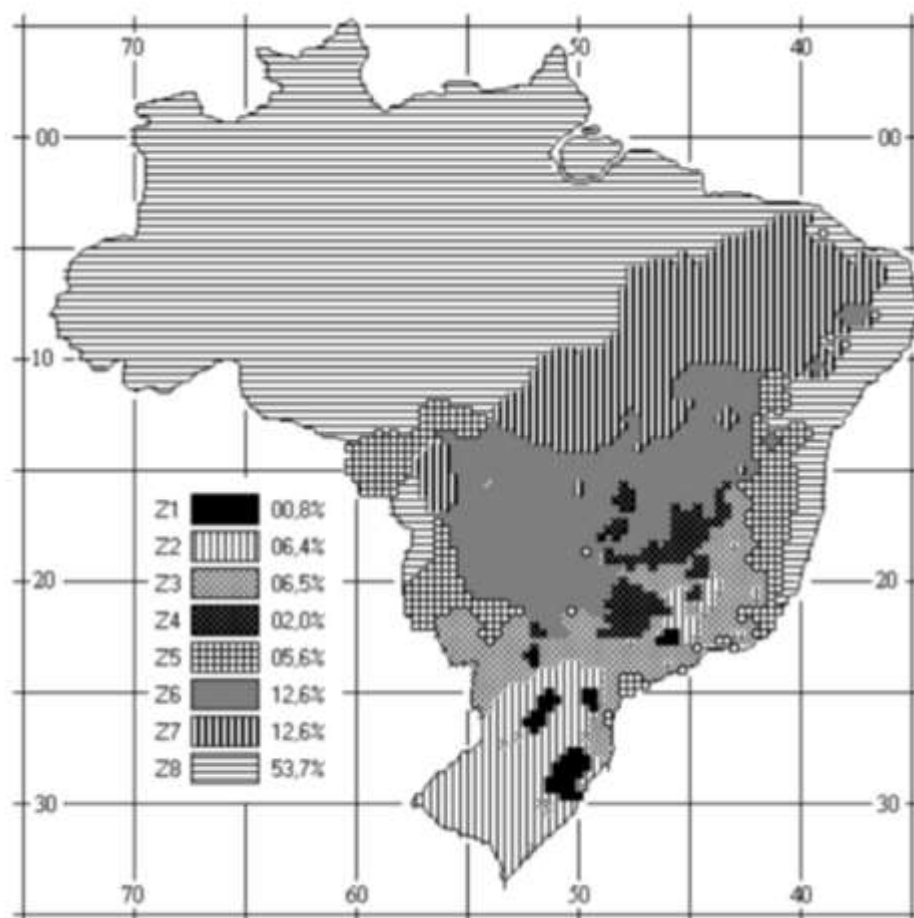
Conforme pontuado, a Parte 3 da norma trata do Zoneamento bioclimático brasileiro e das diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, definindo o zoneamento bioclimático de acordo com três parâmetros:

- Médias mensais das temperaturas máximas;
- Médias mensais de temperaturas mínimas e;
- Médias mensais da umidade relativa do ar.

Através dos parâmetros e da análise das interferências climáticas, a norma apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto, estabelecendo diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados.

Assim, a NBR 15220 (ABNT, 2005) apresenta oito zonas bioclimáticas, sendo a zona bioclimática 1 caracterizada por um clima mais frio, localizado na região sul do país, e a zona bioclimática 8 sendo a mais quente do território, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Zoneamento Bioclimático Brasileiro

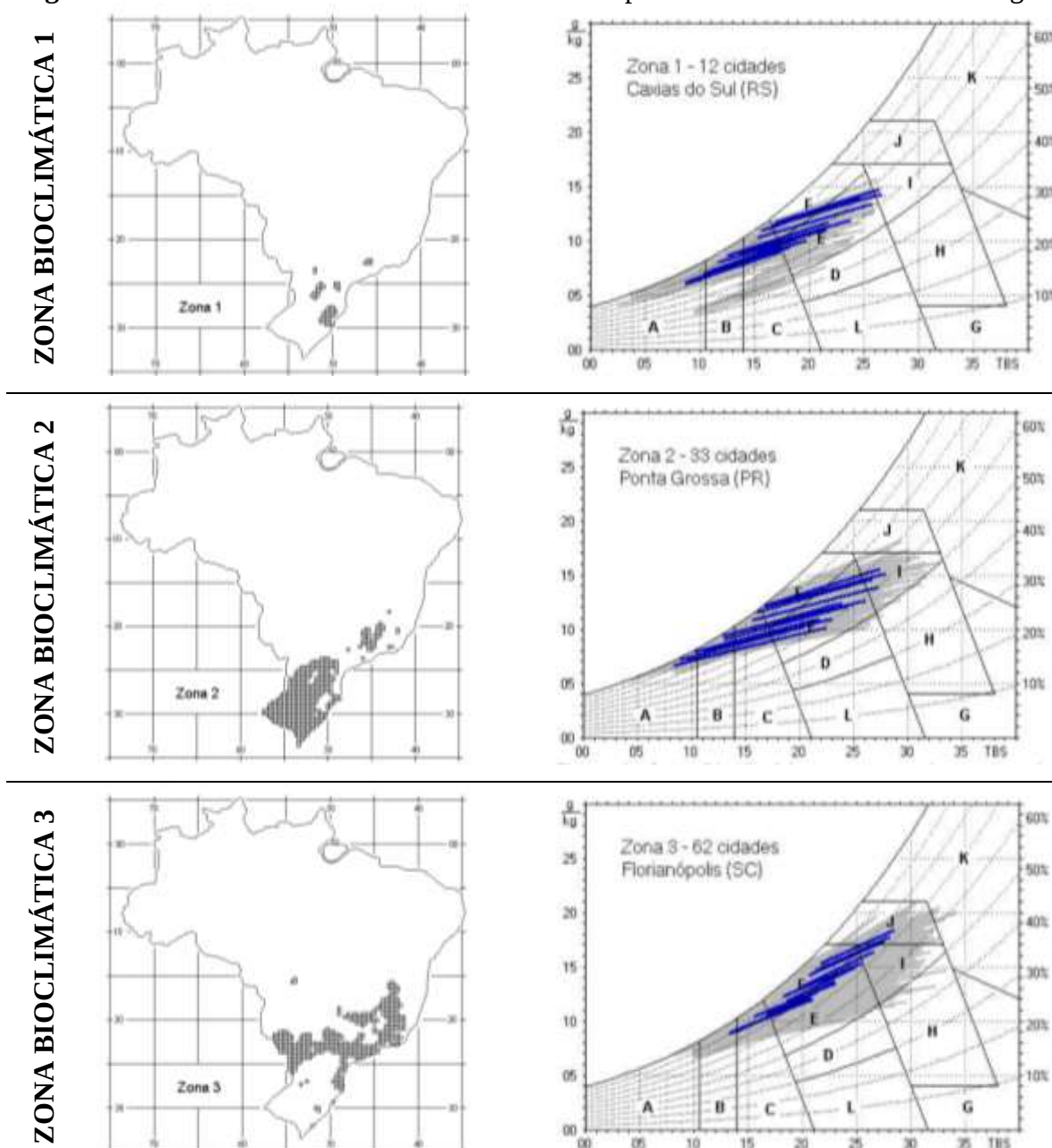


Fonte: ABNT NBR 15.220 (2005)

As regiões de clima subtropical, delimitada nesta pesquisa, são identificadas segundo características próprias no zoneamento bioclimático definido na NBR 15220 (ABNT, 2005) pelas zonas 1, 2 e 3 (Figura 12), regiões em que se caracterizam estações de verão e inverno bem definidas, com altos índices de umidade do ar e a sistemática entrada de frentes frias.

Russi *et al.*, (2012) define que nestas zonas é aconselhado pela norma o uso das estratégias de aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas, com inércia térmica, no período de frio, sendo que apenas o condicionamento passivo não é suficiente para o período mais frio. Para os períodos de calor o uso de ventilação cruzada é tido como uma das principais estratégias.

Figura 12: Zona bioclimática e Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas



Fonte: ABNT NBR 15.220 (2005)

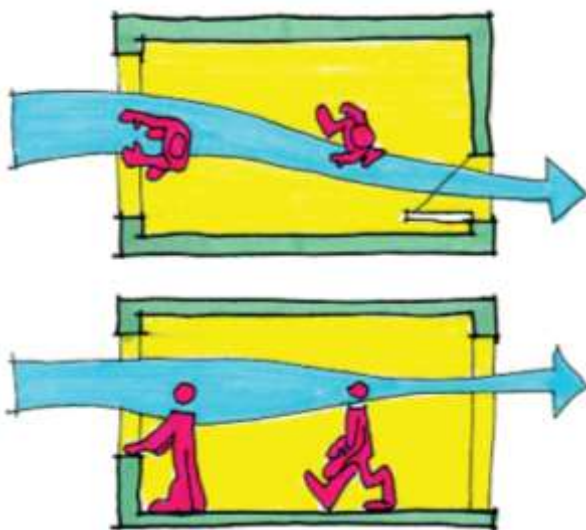
3.7 ESTRÁTEGIAS DE PROJETO APLICADAS NO CLIMA SUBTROPICAL

Como diretrizes construtivas e para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo, foram considerados de acordo com a análise da NBR 15220 (ABNT, 2005): o tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e estratégias de condicionamento térmico passivo.

3.7.1 Sistema de ventilação cruzada

Para as regiões de clima subtropical, Russi *et al.*, (2012) trazem que a ventilação cruzada (Figura 13) é uma importante estratégia para conforto térmico, em períodos quentes, sendo que a corrente de ar deve passar pelo nível dos ocupantes retirando o ar aquecido e ampliando as trocas térmicas, melhorando a sensação de conforto.

Figura 13: Ventilação cruzada



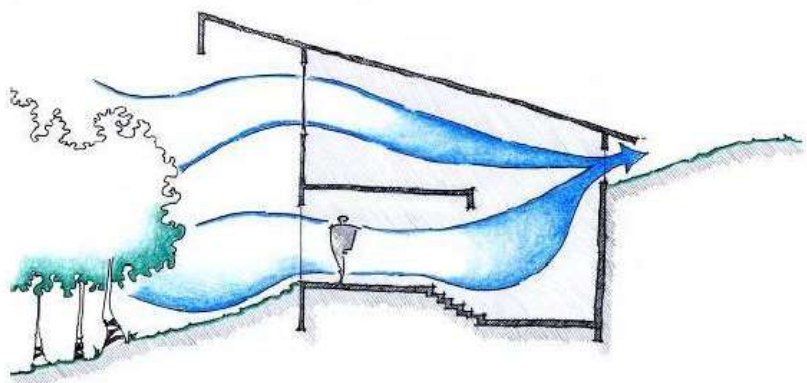
Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

Lamberts *et al.*, (2014) definem que o sistema de abertura pode representar uma série de funções na arquitetura, e a sua utilidade enquanto sistema de ventilação é inquestionável. As aberturas quando posicionadas de forma adequada, podem garantir a circulação de ar nos ambientes internos sempre que necessário.

Aberturas no piso e no teto, dispostas em lados opostos de cada ambiente, possibilitam otimizar a ventilação por diferença de pressão. O fato de estas aberturas localizarem-se em lados opostos faz com que a ventilação proveniente do piso cruze pelo ambiente, saindo da edificação pelas aberturas localizadas próxima ao teto (RUSSI, *et al.*, 2012).

A diferença de altura (Figura 14) entre a entrada e a saída do ar na parte interna da edificação, conforme Russi *et al.*, (2012) possibilita melhor condições para as correntes de ascensão do ar criadas pela diferença de pressão.

Figura 14: Diferença de altura de aberturas



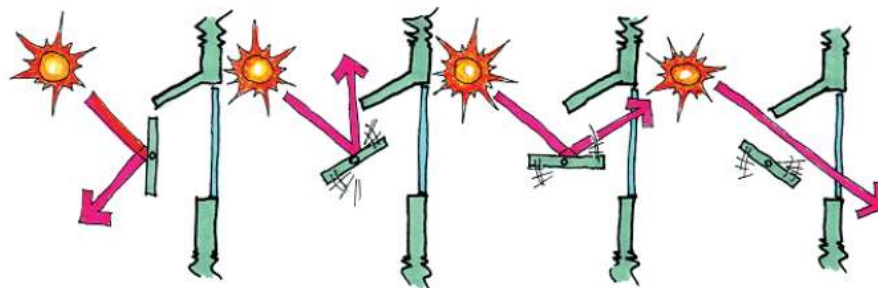
Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

3.7.2 Proteção solar

O controle da radiação solar das aberturas realiza o controle do ganho térmico, podendo ser desejável ou não, dependendo do período do ano. O controle pode ser realizado através de sistema de proteção, tipo brises, ou com vidros especiais. A adoção de brises, ou também chamada prateleira de luz, é aconselhável principalmente para a orientação norte, pois permite sombrear a abertura, porém permite a entrada de luz para o interior (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Conforme exposto por Lamberts *et al.*, (2014) o sistema de brises, dependendo da latitude do local e do período do ano, também pode ser constituído por uma parte fixa e outra móvel (Figura 15). A versatilidade do sistema permite sombrear a radiação solar indesejável através da parte fixa, e a parte móvel possui a função de controlar a entrada do sol ao longo do ano.

Figura 15: Brises fixo e móvel

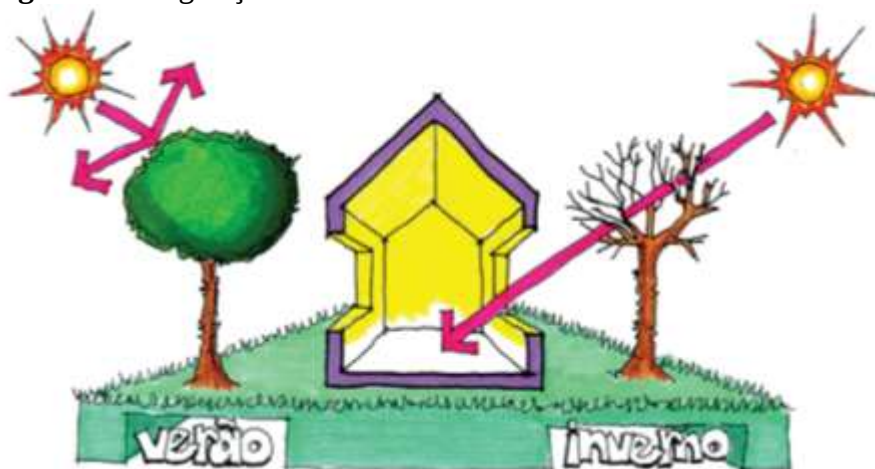


Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

Quanto a aplicação do vidro como elemento de proteção solar, Lamberts *et al.*, (2014) traz que a necessidade de luz natural e do desempenho térmico do sistema determinará o tipo de vidro a ser aplicado. Sendo que a possibilidade de utilização está nas condições necessárias da edificação quanto ao controle de perda ou ganho de calor, onde vidros e películas absorventes e reflexivas, vidros duplos ou triplos com tratamento de baixa emissividade, vidros espectralmente seletivos e a combinação destes possibilitam condições adequadas e desejadas de conforto para o ambiente.

Outra possibilidade de sombreamento se faz com o uso de vegetação (Figura 15) como possível proteção solar. Lamberts *et al.*, (2014) definem que a vegetação pode não ser suficiente para sombrear adequadamente uma abertura, onde o uso de determinadas espécies pode ser uma solução em situações específicas. Por exemplo, o uso de vegetação do tipo caduca, que permitem o sombreamento da abertura no período do verão, e a incidência solar desejável no inverno, período em que ocorre a queda das folhas.

Figura 16: Vegetação com folhas caducas como sistema de controle de aberturas



Fonte: Lamberts *et al.*, (2014)

3.7.3 Vedações externas: parede e cobertura

Conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005), as maiores fachadas devem ser orientadas a norte e sul, visando a redução da exposição solar no período quente e permitindo maior exposição no período frio. Quanto as paredes, estas devem ser leves para as zonas 1 e 2, leves e refletoras para a zona 3. Já as coberturas devem ser leves e isoladas.

As recomendações e diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima subtropical (zonas 1, 2 e 3), verificadas através da NBR 15220 (ABNT, 2005) apresentam os

valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor admissíveis para as vedações de parede e cobertura, descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Recomendações e diretrizes construtivas Zonas 1, 2 e 3

Vedação	Descrição	Transmitância	Atraso	Fator
		térmica – U W/m ² .K	Térmico - \$ horas	Solar – Fs %
Parede	Leve	3,00	4,30	5,00
	Leve refletora	3,60	4,30	4,00
Cobertura	Leve e isolada	2,00	3,30	6,50

Fonte: Adaptado NBR 15220 (ABNT, 2005)

4. ABORDAGEM

O uso de estratégias passivas, permite aproveitar recursos que permitam adequadas condições de iluminação e ventilação natural, a exemplo de aberturas envidraçadas (LUZ, 2009). Para Vianna e Gonçalves (2007), a iluminação natural, como estratégia passiva, possui uma forte questão econômica, social e ambiental, e o aproveitamento deste recurso é importante devido ao seu potencial energético e pelo impacto na qualidade dos espaços e na vida dos usuários.

A utilização da estratégia passiva de iluminação natural requer uma análise da correta aplicação, possibilitando o seu melhor aproveitamento, devido às dificuldades relacionadas à sua forma dinâmica, variando de acordo com alguns fatores, como a latitude, ciclos diários e sazonais, influências climáticas e do próprio local onde se insere a construção (TEIXEIRA, 2004).

De acordo com Luz (2009), as soluções mais convencionais de utilização da iluminação natural nas edificações são as janelas laterais, e se projetadas de maneira adequada podem proporcionar ambientes agradáveis, promovendo também ventilação do interior e a vista do exterior.

Observa-se que, como a ventilação natural está diretamente relacionada com o mecanismo fornecedor da iluminação natural, ambas as estratégias podem ser aproveitadas através das janelas convencionais. Com a ventilação natural, é possível proporcionar um maior deslocamento de ar através da residência, contribuindo para o conforto térmico dos ocupantes e, conseqüentemente, aumentando a qualidade do ar no interior das habitações, influenciando de forma direta na eficiência energética (BITTENCOURT & CÂNDIDO, 2006). Assim, em uma residência a ventilação natural deve ser sempre considerada, pois seu custo pode ser praticamente zero se forem levantadas pequenas considerações na fase de projeto, mesmo que sua avaliação de desempenho seja uma tarefa complexa (BITTENCOURT & CÂNDIDO, 2006).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em um primeiro momento, o clima deve ser estudado e colocado em pauta para desenvolvimento de um projeto, trazendo adaptações juntamente com o profissional de todas as disciplinas, como de estruturas e instalações, prevendo todas as necessidades da edificação como um todo e trabalhando em equipe.

Tabelas e gráficos podem ser utilizados para quantificação de energia dissipada pela edificação, em relação ao tipo de construção, material utilizado e principalmente a localização e implantação.

Este sistema é introduzido dentro de um ambiente com temperaturas extremas e umidade relativamente alta, sendo possível aplicação da teoria e das hipóteses pertinentes a ela.

Várias alternativas são viáveis quando fala-se em projetos de edificação sustentável com sistema passivo, como sistema de ventilação para renovação do ar de maneira natural e aproveitamento de energia solar para aquecimento de ambientes (Tabela 1).

Tabela 1: Clima subtropical

	Inverno	Verão
Ventilação		A ventilação é utilizada para retirar a massa de ar quente, sendo renovada por ar fresco pela diferença da sua densidade, através de aberturas opostas ou pelo efeito chaminé
Resfriamento evaporativo		No resfriamento evaporativo direto o ar é resfriado pelo contato com a umidade, já em sistemas e evaporação indireta, elementos arquitetônicos com acumulação de água ou cobertura vegetal são aplicados.
Inércia Térmica	Utiliza-se fechamentos opacos mais espessos e maiores áreas de aberturas voltadas para o sol, possibilitando a retenção de calor durante o dia e dissipação durante a noite.	É utilizado o sombreamento de aberturas, evitando ventilação diurna onde a temperatura é mais elevada, sendo no período da noite a ventilação natural deve ser seletiva.
Aquecimento Solar	Pode ocorrer de forma passiva direta ou indireta, sendo o primeiro com aberturas transparentes para entrada de iluminação direta para aquecimento do ambiente. Já em condições de aquecimento solar indireto, associa-se com a estratégia de elevada inércia térmica, com componentes de elevada capacidade térmica, estes ficam expostos aos raios solares e posteriormente dissipam o calor ao meio.	

Fonte: Autor (2019)

Uma solução muito comum, é o sistema de ventilação cruzada, podendo ocorrer na horizontal e na vertical, tendo como auxílio em sua primeira forma, a diferença entre densidades das massas de ar frio e quente e na orientação vertical, a diferença de pressão, podendo fazer alternância entre tamanhos e quantidade de abertura na saída e entrada de um mesmo ambiente, influenciando assim na sua eficácia.

O resfriamento evaporativo conta com o auxílio da evaporação da água para retirada do calor da superfície e conseqüentemente do ambiente a qual este pertence. Onde quanto maior a evaporação, maior a eficiência para disseminação do calor.

A inércia térmica é o principal aliado às técnicas de sistema passivo, onde pode ser escolhido materiais especiais que não necessitam de grande energia para serem aplicados, especificações e modos de aplicação adequados a cada material e sistema individual.

Através da inércia é possível fazer o controle de temperatura para locais quentes e frios, aliando outros métodos como o uso de vidros onde há maior incidência solar para locais frios, trazendo ganho térmico por todo o dia e dissipação desta temperatura durante a noite através dos elementos que absorvem ondas longas e transmitem ondas curtas quando o calor é liberado ao meio ou também o uso de paredes constituídas de matérias que absorvem maior energia para posterior dissipação ao meio.

Em casos onde o clima é mais quente, métodos como aberturas em paredes de vedação com cobogós, brises e até a utilização de sombreamento nas aberturas através de beirais e estruturas com funcionalidade semelhante ou até mesmo aliar a vegetação local ao projeto, possibilitando assim a integração entre o ambiente e a criação, criando um conceito sustentável e de fácil aplicação.

Em casos de inércia com a utilização de elementos de vidro, tem como caracterização o aquecimento solar direto, muito comum e amplamente aplicado em obras em geral.

O aquecimento solar indireto necessita de maior atenção e conhecimento do projetista, trazendo soluções que tenham harmonia com a arquitetura e sua funcionalidade perante ao sistema passivo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da pesquisa foi abordado a relação entre sustentabilidade e arquitetura, com o objetivo principal de propor algumas recomendações de projeto ou pontos de partida que possam ser ferramenta de auxílio para desenvolvimento de uma arquitetura inserida as características do clima subtropical.

Além do embasamento teórico, utilizando referências e trabalhos relacionados com a temática da pesquisa, foi possível verificar que é fundamental a análise climática para se obter uma arquitetura com princípios bioclimáticos, observando as características gerais do terreno, trajetória aparente do sol e características dos ventos. Além da identificação da Zona Bioclimática e estratégias recomendadas conforme a localização.

Baseado em princípios de projeto e nos requisitos de certificação identificados ao longo do trabalho, foram identificadas as estratégias passivas de uma arquitetura responsiva ao clima subtropical, que favorecem o conforto do usuário, bem como a eficiência energética na edificação.

Porém, a aplicação dos conceitos bioclimáticos no desenvolvimento de novo projeto envolve o conhecimento das técnicas disponíveis e as suas possibilidades de aplicação. Assim, pode-se concluir que o desenvolvimento de uma metodologia de projeto para o clima subtropical, devem considerar como requisito básico as diretrizes de sustentabilidade do local, e assim fundamentar o início do desenvolvimento do projeto, com soluções que favoreçam principalmente o conforto ambiental e o baixo consumo de energia.

REFERÊNCIAS

- ABREU, I. D., IDROGO, A. A. A., SARAIVA, O. F. C, COSTA, R. T., FONSECA, R. B., **“Sistemas de Gestão na construção civil em empresas do estado do Espírito Santo”**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, 2008.
- ANDRADE, S. F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. Dissertação. Programa de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996
- ARAÚJO, M. A. **A moderna construção sustentável**. IDHEA - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. São Paulo. 2001.
- BRUNDLANDT, G. H., **Nosso Futuro Comum**. Rio de janeiro: FGV. 1991
- CABRAL, M. I. M. R., **A certificação ambiental de edifícios em Portugal: O caso da reabilitação da arquitetura vernácula em áreas protegidas**. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura de Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa. 2009
- CALDAS, S. A. **Espaço construído no semi-árido alagoano: sustentabilidade e preservação ambiental em modelos residenciais**. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - PRODEMA, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2002.
- COSTA, Sara Luísa P. G. da. **Eficiência energética de edifícios: Conceito Passivhaus**. Dissertação de mestrado, Engenharia do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa. 2015.
- DALMORO, M; VENTURINI, J. C; PEREIRA, B. A. D., **“Marketing verde: responsabilidade social e ambiental integradas na envolvente de marketing”**. Revista Brasileira de Gestão de Negócios. v.11, n. 30, pp. 38-52. 2009
- GONÇALVES, D. B. **Desenvolvimento sustentável: o desafio da presente geração**. Revista Espaço Acadêmico, Maringá, PR. v. 5, n. 51, 2005.
- GONÇALVES, J. C. S. **Educação, Comunicação e Tecnologia: Entrevista a Klaus Bode**. In Revista AU. Nnº 104, p. 70-74. São Paulo: Editora Pini, out/nov 2002
- GURGEL, Mirian. **Design Passivo – baixo consumo energético: guia para conhecer, entender, e aplicar os princípios do design passivo em residenciais** / Mirian Gurgel. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.
- LAMBERTS, R., GHISI, E., PEREIRA, C. D; BATISTA, J. O. **Casa eficiente: bioclimatologia e desempenho térmico**. Florianópolis: UFSC, LabEEE. 2010.
- LUZ, B.. **Condução da luz natural por sistemas não convencionais**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 2009

MOREIRA, Daniel de Carvalho;. KOWALTOWSKI, Doris Catherine Corneli Knatz **Discussão sobre a importância do programa de necessidades no processo de projeto em arquitetura.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 31-45, abr./jun. 2009.

NEVES, L. O.. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severino Porto: estratégias de ventilação natural.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil, 2006

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.** Barcelona: Gustavo Gili. 1998.

OLGYAY, V. **Design with climate bioclimatic approach to architecture regionalism.** New Jersey: Princeton University. 1973

OLIVEIRA, T. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações.** Tese apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção de grau de Engenheiro Civil, Rio de Janeiro, 2015

PORTO, Marcio Macedo. **O processo de projeto e a sustentabilidade na produção da arquitetura.** Dissertação. Projeto de Arquitetura – FAUUSP. São Paulo, 2006

PROJETEE - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações- LabEEE/UFSC.** Disponível em: <http://www.projeteemmma.gov.br/> Acesso em: 06 out. 2018.

QUADROS^A, Juliane do Nascimento de; ANDRADE^B, Bruna Fuzzer de; WEISE^B, Andreas Dittmar; SCHMIDT^C, Alberto; LANA^D, Letice Dalla. **Arquitetura Sustentável: Proposta De Um Edifício Com Qualidade Ambiental Baseada Nos Critérios Da Certificação LEED**, Revista Eletrônica Sistemas & Gestão Volume 8, Número 4, 2013

RIBEIRO, Guilherme Cornelio; SANTOS, Lara Enoma Ferreira dos; MIOLLA, Paula Sponga; BATISTA, Ramon Gonçalves; TELLES, Vinícius de Souza; **Técnicas de aquecimento solar passivo para a cidade de Passo Fundo** 5º SICS – Seminário Internacional de Construções Sustentáveis – 2º Forum de Desempenho das Edificações, 2016

SANTO, H. M; INÁCIO, E. **Procedimentos para uma certificação da construção sustentável.** Repositório Universidade Nova: Lisboa, Portugal.

TURNER, F., DUNLOP, J., FOSTER, S., MARTIN, G. e NORRIS, R. **How Carrier's 'littler' invention changed Texas.** ASHRAE Insights Journal, February. 2002.

VIANNA, N. S., & GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e arquitetura.** 3rd ed. São Paulo: Geros Arquitetura Ltda, 2007

VIEIRA, Felipe André; SALES, Joyce Guedes; SILVA, Delma Corrêa da; VILLELA, Jéssica Vieira A; OLIVEIRA, Thamires Guedes de; XAVIER, Miriam Borges; RIBEIRO JÚNIOR, Rodolfo **Energia E Crise Energética.** Faculdade de São Lourenço - UNISEPE Minas Gerais, 2015

ZOMER, Clarissa Debiasi; RÜTHER, Ricardo. **A arquitetura eficiente como um meio de economia Energética atuando no gerenciamento pelo lado da Demanda.** XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza, CE, 2008