

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura - Dep. de Tecnologia do Design, da Arquitetura e do Urbanismo
Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído

Bárbara Gonçalves de Sousa

**SUSTENTABILIDADE URBANA POR MEIO DA LEGISLAÇÃO: Regulamentação
para o conforto ambiental na cidade de Cláudio - MG**

Belo Horizonte

2020

Bárbara Gonçalves de Sousa

**SUSTENTABILIDADE URBANA POR MEIO DA LEGISLAÇÃO: Regulamentação
para o conforto ambiental na cidade de Cláudio - MG**

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade do Ambiente Construído.

Orientadora: Profa. Dra. Eleonora Sad de Assis

Belo Horizonte

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - Dep. TAU
Rua Paraíba, 697 Funcionários 30130-141 Belo Horizonte, MG Brasil

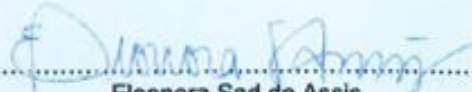
Telefone: (031) 3409-8823
Fax: (031) 3409-8822


CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA BÁRBARA GONÇALVES DE SOUSA, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO.

Às 17:00 horas do dia 04 de agosto de 2020, reuniu-se por vídeo-conferência a Comissão Examinadora composta pela Professora ELEONORA SAD DE ASSIS, Orientadora - Presidente e pelo Mestre Geógrafo MATEUS BRAGA SILVA DOS SANTOS, designados pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído para avaliação da monografia intitulada "SUSTENTABILIDADE URBANA POR MEIO DA LEGISLAÇÃO: REGULAMENTAÇÃO PARA O CONFORTO AMBIENTAL NA CIDADE DE CLÁUDIO - MG", de autoria da aluna BÁRBARA GONÇALVES DE SOUSA, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade do Ambiente Construído. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que sejam encaminhados 02 (dois) exemplares para a Biblioteca da Escola de Arquitetura.

Belo Horizonte, 04 de agosto de 2020.


.....
Eleonora Sad de Assis
Orientadora-Presidente


.....
Mateus Braga Silva dos Santos
Membro Titular

RESUMO

A ocupação de uma cidade é determinada por vários fatores, incluindo a ação antrópica e o clima onde está inserida, sendo que a forma como se usa o solo do espaço urbano é direcionada pelas leis de planejamento e construção do município. Porém, muitas vezes a legislação é genérica e não considera as condicionantes climáticas para orientar a atividade edílica de forma mais condizente com as características locais. O objetivo deste trabalho é utilizar as ferramentas Diagrama Bioclimático de Givoni, Tabelas de Mahoney e o *software* WRPlot para analisar o clima da cidade de Cláudio e verificar a concordância das estratégias com as recomendações das normas de desempenho NBR 15220 e NBR15575. O resultado foi a proposição de adequações ao Código de Obras e Edificações da cidade de Cláudio, concluindo que a utilização das ferramentas em conjunto contribuem para promover o conforto térmico das edificações com maior consciência sobre as estratégias de projeto arquitetônico.

Palavras-chave: Conforto térmico, Legislação edílica, Clima urbano, Normas de desempenho

ABSTRACT

The city occupation is determined by several factors, including the anthropic action and the climate where it is inserted, and the way in which it uses the solo of the urban space is guided by the planning and construction laws of the municipality. However, the legislation is often generic and does not consider climatic conditions to guide the building activity in a way more consistent with local characteristics. The objective of this work is to use Givoni Bioclimatic Diagram, Mahoney Tables and the software WRPlot to analyze the climate of the Cláudio city and verify the agreement of the strategies with the recommendations of the performance standards NBR 15220 and NBR15575. The result was the proposition of adjustments to the Buildings Code of the Cláudio city, concluding that the use of the tools together contribute to promote the thermal comfort of the buildings with greater awareness of the architectural design strategies.

Keyword: Thermal comfort, Building legislation, Urban climate, Performance standards

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Zoneamento Bioclimático Brasileiro	20
Figura 2: Carta Bioclimática adotada para o Brasil.....	25
Figura 3: Carta Bioclimática de Givoni para países desenvolvidos e países em desenvolvimento.....	28
Figura 4: Estrutura geral da metodologia de Mahoney, segundo KOENIGSBERGER et al.,1977	29
Figura 5: Grupo higrotérmico, das Tabelas de Mahoney	30
Figura 6: Tabela de definição dos limites de conforto, nas Tabelas de Mahoney.....	30
Figura 7: Quadro de classificação de indicadores, nas Tabelas de Mahoney.....	31
Figura 8: Tabela de indicadores, nas Tabelas de Mahoney.....	31
Figura 9: Tabela de recomendações arquitetônicas, nas Tabelas de Mahoney	32
Figura 10: Importando dados de vento no WRPLOT.....	33
Figura 11: Adicionando arquivo .sam no WRPLOT.....	33
Figura 12: Rosa dos ventos no WRPLOT	34
Figura 13: Roteiro metodológico.....	34
Figura 14: Roteiro metodológico.....	35
Figura 15: Localização de Cláudio, em Minas Gerais.....	36
Figura 16: Vista panorâmica da cidade de Cláudio	36
Figura 17: Distribuição urbana com poucos afastamentos que dificultam a circulação de ar..	38
Figura 18: Mapa de Clima do Brasil	39
Figura 19: Zona Bioclimática 4	40
Figura 20: Diagrama Bioclimático de Givoni, dados para a cidade de Oliveira, próximo a Cláudio	42
Figura 21: Gráfico da velocidade do vento na Estação Automática A570, do INMET, gerado pelo software WRPLOT	48
Figura 22: Rosa dos ventos a partir de dados da Estação Automática A570, do INMET, gerado pelo software WRPLOT	49

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Matriz das interações de projeto arquitetônico com o conforto ambiental.....	17
Tabela 2: Entrada dos dados climáticos, obtidos por Estação Automática do INMET, no método de Mahoney	44
Tabela 3: Construção do índice de conforto térmico, no método de Mahoney.....	45
Tabela 4: Quadro de classificação dos indicadores de umidade e aridez, no método de Mahoney	45
Tabela 5: Indicadores de umidade e aridez, no método de Mahoney.....	46
Tabela 6: Recomendações arquitetônicas, no método de Mahoney	47
Quadro 1: Requisitos de projeto para serem considerados na elaboração das leis.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. O CLIMA E A CIDADE: CONFORTO AMBIENTAL.....	3
2.2. A LEGISLAÇÃO E O CONFORTO AMBIENTAL.....	8
2.3. NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS.....	18
2.4. FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO.....	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1. DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO DE GIVONI.....	28
3.2. TABELAS DE MAHONEY.....	29
3.3. WRPLOT.....	33
3.4. ROTEIRO METODOLÓGICO.....	34
4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	35
4.1. HISTÓRICO	35
4.2. CLIMA	38
5. RESULTADOS E PROPOSTAS	41
5.1. FERRAMENTAS DE PROJETO APLICADAS ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CLÁUDIO	41
5.2. PROPOSIÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DO CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO MUNICÍPIO DE CLÁUDIO	52
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67

1. INTRODUÇÃO

O modo como se ocupa a cidade impacta de várias maneiras a dinâmica urbana, inclusive o clima local, suas variáveis climáticas e a qualidade do ar, e as atividades do ser humano, como agente de produção e ocupação da cidade, geram transformações no ambiente urbano, o que também pode alterar as condições climáticas (MENDONÇA e ASSIS, 2003). A forma de se usar e ocupar o solo no espaço urbano é direcionada pelas leis de planejamento e construção do município. Fator importante para proporcionar o crescimento e o desenvolvimento sustentável de uma cidade, a legislação urbana pode controlar a densidade das edificações, a taxa de ocupação e permeabilidade do solo, os afastamentos para iluminação e ventilação nas construções e os espaços públicos abertos.

No entanto, tais leis são escritas, na maioria das vezes, com normativas genéricas sem considerar condicionantes reais e importantes do local (GOMES e LAMBERTS, 2009). Por isso devem ser criadas com responsabilidade, visando entender os requisitos e as soluções ideais de como se projetar na cidade para estabelecer um ambiente urbano mais confortável diante das condições climáticas específicas, o que poderá resultar em interferências menos agressivas ao meio ambiente e ao bem-estar humano.

Há organizações e conselhos mundiais que recomendam a elaboração de legislação que preze pela sustentabilidade aplicada às edificações sugerindo esquemas estratégicos que buscam a qualidade do espaço construído e dos seus usuários. Os planos são mais direcionadas para resolver questões relacionadas à eficiência energética, que proporcionam uma vantagem mais perceptível para o edifício e o usuário, enquanto o conforto ambiental consegue este benefício de forma mais implícita. Ainda assim, tais recomendações têm objetivos em comum com normas que orientam estratégias voltadas para o conforto ambiental e podem ser adotadas no processo de criação de planos que possam orientar o desenvolvimento do projeto arquitetônico pensando na bioclimatologia.

Em âmbito nacional, também existe a preocupação em se solucionar a generalidade dos códigos de edificações das cidades pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), juntamente com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que publicaram guias que auxiliam com estratégias de planejamento urbano e a elaboração de Códigos de Obras e Edificações, com conteúdo que observa questões relativas a condições climáticas e sustentáveis específicas da localidade. E há ainda, as Normas Técnicas Brasileiras, da Associação

Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que criou normativas com recomendações projetivas para proporcionar melhor desempenho das edificações visando a qualidade e o conforto das construções.

É interessante que os guias e as recomendações das normas sejam usados em conjunto para estudar as especificidades do clima de uma cidade e para auxiliar neste processo, existem ferramentas de análise climática a serem usadas na concepção arquitetônica. Métodos como o Diagrama Bioclimático de Givoni e as Tabelas de Mahoney e *softwares* como o WRPLOT podem oferecer um panorama de estratégias projetivas fundamentadas numa base de dados climáticos específicos do local.

Como parte da média brasileira, a cidade de Cláudio, município de pequeno porte, até então, sofre com a falta de diretrizes particulares às condições locais, agravada pela especulação imobiliária irresponsável, por vezes inconsciente da importância de se planejar o ambiente urbano sustentável. Contudo, por ainda estar passando pelo processo de crescimento, é possível mudar o cenário legal e ajustar as orientações para possibilitar o desenvolvimento de uma cidade preocupada com as questões ambientais, sociais e econômicas.

Portanto, se faz necessário um estudo das condições climáticas claudienses e verificar a sua aplicabilidade na elaboração de leis para promover o crescimento sustentável, ainda em tempo. O objetivo deste trabalho é, então, utilizar as ferramentas de projeto para fazer a correta análise do clima local e verificar a concordância das estratégias com as recomendações das normas técnicas, que são os instrumentos que tratam sobre o bom desempenho das edificações em vigência, embora sejam, por vezes, deficientes.

Os objetivos específicos são:

- Buscar referências sobre a aplicação de conhecimentos do conforto ambiental, tais como requisitos de conforto térmico, acústico e luminoso, na legislação construtiva;
- Estudar o município de Cláudio, suas condições naturais, de desenvolvimento e de urbanização;
- Avaliar a eficiência das estratégias projetuais e de ocupação da cidade previstas nas leis do município para mostrar o seu impacto no clima local;
- Selecionar, a partir da revisão da literatura, as estratégias de projeto e recomendações de boas práticas que podem integrar a legislação construtiva da cidade.

Este trabalho está dividido em cinco partes, sendo a primeira destinada a apresentação da literatura referente ao estudo da influência do clima na cidade e vice-versa, além das tendências mundiais e

nacionais que prezam pela adequação da legislação edilícia ao conforto ambiental. Também nesta parte são relacionadas as normas técnicas brasileiras e algumas ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de projetos que se atentam para o conforto. Em seguida, o capítulo detalha a forma de uso das ferramentas de desenvolvimento de projeto e o roteiro metodológico utilizado. O capítulo seguinte se destina a expor o estudo de caso com uma abordagem histórica e do clima da cidade. Ao final, as ferramentas de projeto são aplicadas às condições climáticas específicas da cidade e as recomendações obtidas no processo de análise do clima são sugeridas para serem introduzidas na legislação de controle da atividade edilícia e, portanto, promover a qualidade do ambiente construído na cidade de Cláudio.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. O CLIMA E A CIDADE: CONFORTO AMBIENTAL

Atualmente, mais de 50% da população mundial vive nos espaços urbanos e, certamente, o processo de ocupação das cidades e a conseqüente modificação do território geográfico teve seus efeitos no meio ambiente. Buscando uma definição do que é cidade, Rolnik (1995, p.12) traz uma reflexão interessante sobre a maneira como ocorreu a transformação do meio entre campo e urbano:

O espaço urbano deixou assim de se restringir a um conjunto denso e definido de edificações para significar, de maneira mais ampla, a predominância da cidade sobre o campo. Periferias, subúrbios, distritos industriais, estradas e vias expressas recobrem e absorvem zonas agrícolas num movimento incessante de urbanização. No limite, este movimento tende a devorar todo o espaço, transformando em urbana a sociedade como um todo.

É pertinente o uso do termo “devorar”, porque parece retratar adequadamente como a ação humana vem se impondo no ambiente natural e trazendo conseqüências em fatores como o clima de uma região ou cidade. Da mesma forma, há uma reação natural às mudanças espaciais, como lembra Silva (2013, p. 42), “o clima atua diretamente na organização do espaço geográfico, o que é percebido, sobretudo ao avaliar os efeitos da temperatura, da precipitação e a ocorrência de seus extremos”. Clima e cidade são agentes de transformação mútua e é preciso estabelecer uma relação apropriada e saudável entre os dois para que os usuários do espaço urbano estejam em um ambiente confortável.

As definições das escalas climáticas são importantes para começar a entender a atuação no ambiente urbano. Miyamoto (2011, p. 25) traz uma compilação dos conceitos de Macroclima, Mesoclima e Microclima, de acordo com Mascaró¹ (1996, *apud* MIYAMOTO, 2011): o macroclima é determinado pelas condições naturais de insolação, temperatura, precipitação, ventos, etc. e abrange uma região; o mesoclima considera feições geográficas, como vales, montanhas, maritimidade, continentalidade e vegetação; já o microclima pode ter a interferência das ações antrópicas, como construções e recintos urbanos, nos dados coletados, que podem alterar a situação do mesoclima. Neste contexto, podemos inserir as transformações que o clima pode provocar no espaço urbano, como inundações, conforto ou desconforto ambiental e riscos geológicos, assim como os impactos que a utilização da cidade interferem no clima, gerando ilhas de calor e inversão térmica, por exemplo.

Deste modo, pode-se inferir que o microclima está relacionado ao uso e ocupação do solo, o que gera consequências no ambiente original podendo ser positivas, se for tratado de forma adequada a reverter os impactos ruins dos condicionantes naturais, mas também podem ser negativas, quando a utilização do espaço é feita de maneira inconsciente, ocasionando efeitos como, por exemplo, a ilha de calor.

A formação da ilha de calor se deve à elevação da temperatura de uma área urbanizada em relação a uma área rural ou natural adjacente (AYOADE², 1991 *apud* SILVA, 2013) e é, portanto, um fenômeno relativamente fácil de ser observado. Tem como causa, fatores como: vegetação escassa, impermeabilização do solo, uso de materiais com baixa refletância solar e alta inércia térmica, desenho urbano com formas que reduzem a circulação do vento e retêm o calor, altos níveis de poluição e de consumo de energia (GARTLAND³, 2010 *apud* MIYAMOTO, 2011). Estas são características recorrentes da ocupação da cidade e devem ser observadas e modificadas de forma a permitir que o ambiente urbano seja percebido como um local confortável, como Silva (2013, p. 47) ressalta:

Pode-se considerar que as atividades presentes nas cidades, tais como indústrias, de circulação de veículos e impermeabilização do solo, interferem no balanço energético, que resulta em um ambiente artificial que as pessoas identificam por meio do desconforto térmico, da má qualidade do ar e dos impactos associados à morfologia da cidade [...]

¹ MASCARÓ, Lúcia R. de. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1996.

² AYOADE, Johnson O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1986.

³ GARTLAND, Lisa. **Ilhas de Calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

Sendo assim, partindo de um exemplo dos efeitos da ação humana no clima de uma cidade, dentre tanto outros impactos que podem ocorrer, é possível concluir que a análise e o conhecimento do clima e a adequação das atividades urbanas, tanto dinâmicas quanto construtivas, perante os condicionantes climáticos são necessários para que o resultado seja um planejamento da área urbana apropriada e consciente quanto a minimizar os impactos no meio ambiente e oferecer um espaço agradável aos usuários.

O ato de viver bem na cidade está relacionado ao conforto ambiental urbano, já que a qualidade da vida humana é condicionada por fatores externos que beneficiam o funcionamento natural do corpo. Este aspecto é citado por Ribas, Schmid e Ronconi (2010, p. 184) em seu estudo: “[...] qualidade de vida contempla saúde e meio ambiente, na medida em que estes dois pontos são reflexos do modo de vida de uma determinada comunidade”. Dentre tais fatores, as condições de temperatura, umidade, iluminação e sons são os que mais interferem na qualidade de vida do ser humano e estão intrínsecos na dinâmica de uma cidade. A temperatura e umidade são parte dos estudos do conforto térmico, enquanto a iluminação integra o conforto luminoso e os sons são examinados no conforto acústico. Todos estes podem ser integrados e seu estudo é chamado de conforto ambiental.

As definições de conforto térmico estão diretamente conectadas ao clima local, já que as proposições arquitetônicas devem ser pensadas para mitigar o incômodo que pode ser causado pelos fatores climáticos temperatura, umidade e velocidade do ar e radiação solar incidente (FROTA e SCHIFFER, 2003, p. 17). Sendo assim, o espaço construído projetado para o conforto térmico se correlaciona com o meio ambiente com o intuito de ser um ambiente agradável para o usuário, como é citado por Frota e Schiffer:

A arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico. O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico. A arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas.

Considerado um dos fatores mais importantes para a qualidade ambiental interna, o conforto térmico é responsável pela capacidade dos usuários realizarem adequadamente as suas atividades, pois, para tal, o espaço deve estar termicamente confortável (QUANG *et al.*, 2014⁴ *apud* AL HARR *et al.*, 2016) e, como já foi dito, tem ligação com o clima local. A localização, a tipologia,

⁴ QUANG, T. N. et al. **Optimisation of indoor environmental quality and energy consumption within urban office buildings**. Energy Build. 85, 225-234, 2014.

as estações do ano, as condições de ventilação e insolação natural são condicionantes que possibilitam ou não o conforto térmico dos ocupantes (FRONTCZAK e WARGOCKI, 2011⁵; FISHER, 2000⁶ *apud* AL HARR *et al.*, 2016), que tem o direito de utilizar o ambiente edificado com condições adequadas de salubridade, e, portanto, devem ser considerados desde o projeto.

Atender às condições naturais na fase inicial do desenvolvimento de um espaço muitas vezes é negligenciada, quando se pensa que as práticas projetuais estão submetidas a uma padronização em prol da agilidade, apesar de haver normas e recomendações que tratam destas questões. A importância de se pensar no conforto ainda em projeto se dá pelo fato de tornar o ambiente mais eficiente e menos oneroso, pois fazer as adequações depois do espaço construído pode não suprir as necessidades e ter um custo alto (INDRAGANTI *et al.*, 2014⁷; JAZIZADEH *et al.*, 2014⁸ *apud* AL HARR *et al.*, 2016).

O conforto luminoso também está atrelado a fatores naturais, pois a iluminação natural é condicionada pela maior fonte de luz: o Sol. Mesmo que a incidência solar não seja direta no ambiente a ser usado, o sol gera uma segunda fonte de luminosidade através do céu por causa da difusão da luz solar na atmosfera (ROMERO, 2001). As funções deste conforto são proporcionar uma iluminação básica, qualidade de uso do espaço, bem-estar humano e também deve ser eficiente para permitir a qualidade da informação visual, como explicita Romero (2001, p. 74): “a informação visual, cuja finalidade é capacitar o indivíduo para relacionar-se dentro da zona em que exerce suas atividades, tem importância primordial na formação sensorial”.

Ainda que seja reforçada de maneira artificial, a iluminação de um espaço tem grande importância para a qualidade do desempenho visual das atividades a serem desenvolvidas, pois “deve permitir ao usuário a visão nítida dos objetos e o desenvolvimento das tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão, com o menor esforço ou risco de prejuízos aos órgãos oculares” (BAHIA, 2012, p.109).

Segundo estudo da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), o consumo de energia elétrica com iluminação nas residências brasileiras caiu de 18,3%, em 2005, para 16,2%, em 2012, provavelmente devido ao aumento do uso de lâmpadas mais eficientes. Ainda assim, é uma parcela

⁵ FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P. **Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments**. *Build Environ.* 46 (4), 922-937, 2011.

⁶ FISHER, T. **In the Scheme of Things: Alternative Thinking on the Practice of Architecture**. *Prog. Architecture.* 98-103, 2000.

⁷ INDRAGANTI, M.; et al. **Adaptive model of thermal comfort for offices in hot and humid climates of India**. *Build Environ.* 74, 39-53, 2014.

⁸ JAZIZADEH, F.; et al. **User-led decentralized thermal comfort driven HVAC operations for improved efficiency in office buildings**. *Energy Build.* 70, 398-410, 2014.

significativa que pode ser reduzida quando o projeto tem como premissa o conforto visual e luminoso vinculado a eficiência energética.

Existem várias formas de conseguir o conforto em relação a luz dentro do espaço construído, embora há que se tomar certo cuidado com os efeitos indesejados da iluminação direta como o brilho, o ofuscamento e o calor (ROMERO, 2001), este último atribuído ao conforto térmico. Ou seja, há fatores da iluminação e da térmica que se inter-relacionam na busca pelo conforto ambiental. Estas são duas questões que podem entrar em conflito por terem em comum as aberturas como elemento de interferência e possível solução. Enquanto o conforto luminoso e visual preza por grandes entradas de luz natural, o conforto térmico pode ser prejudicado com a incidência excessiva de calor, exigindo, então, uma solução equilibrada das condições naturais, priorizando a utilização da diretriz mais adequada em relação à função do ambiente projetado.

Já o conforto acústico tem como objetivo se adaptar às fontes sonoras oriundas da dinâmica da cidade, apesar de elementos ambientais interferirem na propagação dos ruídos. Dentre estes elementos estão a umidade, o vento, a temperatura, a neblina, a topografia e a vegetação, não sendo, então, fatores condicionantes exclusivos do conforto térmico⁹, tendo, mais uma vez, as condições naturais como determinantes para o conforto acústico e, portanto, o conforto ambiental.

Romero (2001, p. 63) descreve a relação entre a cidade e os sons urbanos:

A cidade é um complexo de formas urbanas que formam elementos estáticos e tornam possível o fluxo de elementos dinâmicos: pedestres, carros, motocicletas, metrô e helicópteros. Tanto as formas arquitetônicas como as formas urbanas têm propriedades sonoras que podem contribuir para a boa ou má qualidade do ambiente sonoro. Essas formas permitem a existência de alguns sons e a exclusão de outros, influenciando a percepção que deles têm os habitantes, sejam eles usuários dos espaços públicos ou residentes de moradias próximas.

De acordo com Bahia (2012, p. 110), “o conforto acústico relaciona-se com soluções para a convivência com os ruídos da vida cotidiana que interagem com os espaços edificados”. Ou seja, uma edificação com bom desempenho acústico permite que as atividades internas e externas não sejam prejudicadas pelos sons dos arredores e nem prejudiquem os usuários que ocupam o espaço do entorno, podendo usar estratégias que controlem a fonte sonora, se possível, ou instalar elementos isolantes.

É perceptível a ligação entre os três tipos de conforto e a semelhança de fatores de suas causas e seus efeitos, por isso a importância de relacioná-los em função da busca pelo conforto ambiental e analisar os pontos de interseção das soluções adotadas para tal. O projeto de um edifício, como

⁹ C.f. ROMERO, 2001. Ibid.

elemento impactante no ambiente construído, deve mostrar consciência da sua interferência e a preocupação com a utilização de materiais e métodos que possam adequar o espaço a ser usado e seu entorno ao conforto e bem-estar do usuário, seja térmico, luminoso ou auditivo.

Além disso, é necessária a preocupação com a conservação dos recursos naturais e a adoção de soluções que prezem pela eficiência da edificação como um todo ainda nas fases iniciais de planejamento. Muitas vezes, as edificações desperdiçam energia por não terem como prioridade a eficiência energética, tanto no projeto quanto na construção (VALGHAM e TURNER, 2013).

Vinculada principalmente às questões térmicas e luminosas, a eficiência energética contribui para o conforto quando se analisa as condicionantes naturais para evitar a adoção de equipamentos que irão suprir um desconforto não planejado, como ressalta Barandier *et al.* (2013, p. 63):

“A eficiência energética na habitação é focada na melhoria do conforto ambiental da edificação e do ambiente urbano que a cerca, onde são valorizados os processos construtivos e de implantação da edificação no espaço urbano que empreguem soluções passivas para minimizar a adoção de sistemas de iluminação e climatização artificiais”

Portanto, o conforto ambiental de um edifício considera o bem-estar dos usuários, não somente do seu interior, mas também do ambiente em que se insere, de acordo com as condições ideais de calor, iluminação e sons. Isto favorece a sustentabilidade do ambiente construído, considerando a apropriada utilização dos bens naturais, a adequação às condições climáticas, culminando em uma edificação energeticamente eficiente, com redução de custos para adequações e que promove saúde para os ocupantes.

2.2. A LEGISLAÇÃO E O CONFORTO AMBIENTAL

Como já foi visto, o ambiente construído afeta o clima de uma cidade e vice-versa, direcionando as tomadas de decisões para a busca de soluções confortáveis ambientalmente no espaço urbano. Para tanto, existem regras que norteiam a forma como as construções são planejadas, a legislação urbanística, que pode determinar a qualidade do espaço urbano.

Uma das leis mais importantes que preza sustentabilidade na expansão da cidade, o Estatuto da Cidade (Lei federal nº 10.257/2001), estipula normativas para a política urbana que devem atender aos três fundamentos da sustentabilidade - ambiental, econômico e social - desde questões de infraestrutura até a oferta de serviços públicos, almejando a garantia do direito a cidades sustentáveis no presente e no futuro. É nesta legislação que se encontram as instruções para a

elaboração do Plano Diretor Municipal, um dispositivo legal para o planejamento urbano, devendo conter diretrizes sobre o direito de construir e o uso do solo.

A partir de então, as cidades com mais de 20 mil habitantes foram obrigadas a criarem seu próprio plano diretor, com orientação de revisão a cada dez anos. O que se vê é um certo esforço em estimular os municípios a serem conscientes e responsáveis pelas ações de impacto e busca pelo conforto ambiental, embora não seja exatamente o que vem acontecendo. As leis municipais, muitas vezes, têm sua elaboração com amplitude desnecessária, sendo que o ideal seria tratar a especificidade de cada cidade em seu próprio instrumento legal.

Com uma percepção interessante sobre o porquê de isso acontecer, Gomes e Lamberts (2009, p. 75) identificam a razão da concepção ampla dos planos baseada na abordagem pouco rigorosa quanto a especificidade ambiental presente no Estatuto e apontam que “apesar da referência às cidades sustentáveis, é possível perceber que o Estatuto trata as questões referentes à qualidade ambiental de forma simplificada e genérica e que os instrumentos urbanísticos criados tratam a questão apenas de forma implícita.” Assim, é ideal que as orientações do Estatuto da Cidade sejam inseridas em dispositivos mais específicos a fim de regulamentar adequadamente situações pertinentes a cada lugar.

A Lei de Uso e Ocupação do Solo é outro instrumento que interfere na qualidade de vida urbana, a qual regula a maneira como se deve utilizar a extensão do lote por meio de orientações que moderem a área construída, a geometria dos edifícios e a limitação da ocupação do espaço a ser construído. Neste parâmetro legal estão inseridas diretrizes para controlar o “índice de aproveitamento do terreno, coeficiente de adensamento, índice de comércio e serviços, taxa de ocupação máxima, taxa de permeabilidade mínima, área mínima útil da unidade, gabaritos” (PMRJ, 2013), entre outros que podem estabelecer uma redução de impactos da edificação sobre o seu entorno e seus usuários.

Amparado pelo Estatuto da Cidade no que diz respeito “ao direito à terra urbana, à moradia”, assim como pelo Código Civil (Lei federal nº 10.406/2002, Art. 1.225), dispendo sobre o direito a propriedade, a superfície e a habitação, o Código de Obras também faz parte das normativas municipais que regem o crescimento sustentável da cidade, já que nele estão contidas as diretrizes para a construção das edificações dentro dos limites do município, salvaguardando a consciência dos impactos que estas podem causar ao seu entorno próximo e ao meio ambiente:

O Código de Obras e Edificações não deve ser entendido apenas como instrumento do poder de polícia municipal. Antes disso, é veículo ideal à garantia da qualidade ambiental urbana, devendo orientar legisladores, projetistas,

construtores e usuários quanto às medidas necessárias para sustentabilidade das edificações, respondendo positivamente às condições climáticas existentes, às necessidades das atividades humanas, às transformações sociais e aos avanços tecnológicos, sem perder de vista a identidade cultural, práticas e peculiaridades locais benéficas (BAHIA, 2012, p. 26).

A definição acima mostra a necessidade de elaboração do Código de Obras próprio e singular para cada localidade, tendo em vista a percepção das características particulares nos quesitos sociais e culturais e, principalmente, das condições naturais do clima, no que tange a precisão de se alcançar o conforto urbano.

Gomes e Lamberts (2009, p. 75) avaliam que “o estudo do clima urbano tem-se mostrado uma importante contribuição para que os aspectos relativos à qualidade ambiental sejam tratados de forma mais adequada no plano diretor” e vale acrescentar aqui também o tratamento no código de obras. Isto porque é neste instrumento legal que estão presentes as instruções construtivas para promover “a salubridade, a habitabilidade, a acessibilidade, a eficiência energética e a sustentabilidade das edificações e obras” (BAHIA, 2012, p. 27). É onde estão as normas que regulam aberturas, afastamentos, vedações e gabarito, aspectos importantes para que as premissas do desempenho térmico, luminoso e acústico possam ser adaptadas e promover o conforto ambiental não somente nas edificações, mas também no seu entorno.

Há uma tendência mundial que sugere a criação de códigos que prezem pela sustentabilidade. O *International Code Council*, um conselho internacional que desenvolve planos estratégicos que visam “proteger a saúde, a segurança e o bem-estar das pessoas, criando edifícios e comunidades seguros” (ICC, 2020), criou, em 2018, o Código Internacional da Construção Verde (*International Green Construction Code – IgCC*) que oferece soluções mais eficientes para promover a sustentabilidade e o alto desempenho das edificações. Este é um instrumento que pode ser usado pelos governos para incentivar projetos, construções e operação de edifícios com qualidade ambiental interna e diminuição dos impactos ao meio ambiente. É uma medida interessante para o promover o crescimento sustentável, ainda que não solucione a partir das condições específicas do clima de cada localidade.

Muitas vezes, observa-se que a legislação na maioria das cidades brasileiras ignora as especificidades naturais e a diversidade de características em diferentes áreas dentro de um município, sendo uma necessidade voltar a atenção para estas questões. Uma vez que já existem as leis em cada cidade, não é impróprio fazer atualizações ou revisões nos códigos para que estes possam, então, atender as características de cada localidade dentro do ambiente urbano não só relacionadas ao meio-ambiente, mas também em relação a saúde dos ocupantes das edificações. Já que a legislação tem ignorado os impactos ambientais, a qualidade de vida das pessoas quanto

a segurança e saúde, e reduzindo os recursos necessários a sobrevivência, há urgência em revisar os códigos construtivos, ampliando a perspectiva deles (EISENBERG, [1999?]).

Ainda em nível internacional, uma associação de países da Ásia, a ASEAN (Associação de Nações do Sudeste Asiático), elaborou um mapeamento com o intuito de listar, revisar e entender o processo de implementação dos códigos, normas e estratégias para eficiência energética dos seus países membros. O objetivo do relatório é alavancar o desenvolvimento de regulamentações para construções sustentáveis e eficiência energética através de desafios e recomendações.

Um dos desafios analisa considerar a eficiência energética desde a fase de projeto, passando pela construção dos edifícios. A recomendação é utilizar metodologias, *softwares* e equipamentos estipulados nos códigos a fim de evitar desperdícios desde o início do planejamento (ACE, 2018). Apesar de ter o foco principal voltado para o consumo consciente de energia, esta estratégia pode ser também aplicada ao conforto, a ser pensado desde as fases iniciais para que sejam entregues com qualidade.

Há ainda um desafio que trata das questões climáticas, citando a variação das condições naturais de cada local e que a especificação dos códigos adequados a sua localidade é um dos pontos mais importantes. Para isso, é necessário ter um conhecimento aprofundado dos dados climáticos e saber utilizá-los para desenvolver o projeto¹⁰. Em outro item, complementando esta ideia, é evidenciado a limitação das estratégias passivas nos projetos, desconsiderando os recursos naturais para economia de energia. A resolução deste problema é usar tais alternativas passivas para otimizar a performance energética do edifício. Dentre as possibilidades estão: forma, localização e orientação da edificação; iluminação natural; ventilação natural; análise de sombreamento; controle da insolação; tratamento de paredes e teto, entre outros (ACE, 2018.). Estas recomendações são, para este caso, em prol da eficiência energética, mas podem ser vinculadas a promoção do conforto ambiental, já que considera as condições de clima e características do entorno do ambiente a ser construído.

Outro alinhamento com a tendência mundial que sugere a implementação de legislações sustentáveis é o da APEC (Cooperação Econômica Ásia-Pacífico) que criou um guia que indica uma estrutura a ser seguida para a elaboração de códigos mais conscientes. Foram estabelecidas quatro etapas: desenvolvimento, implementação, aplicação e atualização, as quais podem ser aperfeiçoadas independentemente para ajustar às necessidades. A justificativa é que “um código com estrutura consistente irá auxiliar não somente a construir edifícios mais sustentáveis, mas

¹⁰ C.f. ACE, 2018. Ibid.

também contribuirá para a melhoria geral das edificações e a aplicação de muitas questões relativas a saúde e segurança dos prédios” (KHAN, 2015, p.10, tradução nossa)¹¹.

Mais uma vez, o foco principal é voltado para a eficiência energética, mas é interessante analisar as etapas de elaboração do código e poder aplicar no processo de criação ou atualização de uma legislação que tem como objetivo o conforto ambiental e a sustentabilidade.

Na etapa do desenvolvimento, deve ser levado em consideração um grupo de ações que prezem pela economia de energia, a melhora da qualidade do ar, a redução do uso de produtos importados e a geração de emprego e crescimento econômico, além de pensar nas condições climáticas e tradições construtivas locais. Já a fase de implementação considera um fator importante sobre a validação do código. Para que tenha uma efetividade maior, esse instrumento deve ter vários grupos de trabalho envolvidos na elaboração, sendo agentes do governo, projetistas e construtores. É necessário também que o código tenha uma linguagem acessível e com explicações claras dos seus benefícios e objetivos¹².

Da mesma forma, normativas que almejam o conforto ambiental precisam levar em conta a participação de agentes interessados ao processo, principalmente os clientes das obras, para que estes possam entender a importância de se criar uma edificação confortável e como o impacto disto afeta o ambiente e seu entorno.

Há, ainda, dois passos seguintes, a aplicação e a atualização. Na primeira, prevê a flexibilização e simplificação das práticas de aplicação por meio de colaboração e políticas que apoiem a ação do governo. Já a segunda, valoriza o *feedback* das estratégias para que o código seja realmente efetivo. Uma revisão das partes pouco claras e confusas deve ser feita para identificar o que pode ser difícil de aplicar e, a partir de então, as atualizações podem se adequar às práticas reais. Este processo deve ser feito continuamente com coleta e fornecimento de dados em acordo com as partes interessadas, para garantir a sua adesão e a participação efetiva (KHAN, 2015). Valgham e Turner (2013) sugerem que é melhor que a atualização dos códigos seja feita a cada três anos para “garantir que novas tecnologias, materiais e métodos, assim como melhores abordagens sobre segurança e saúde, possam ser agregados à próxima geração de edifícios com tempo suficiente para provar a performance” (VALGHAM e TURNER, 2013, p. 1, tradução nossa)¹³.

¹¹ “A strong code infrastructure will not only help achieve greener buildings, but can contribute to overall improvement of buildings and implementation of many health and safety building requirements.”

¹² C.f. KHAN, 2015. Ibid.

¹³ “The process of updating model codes every three years is optimal to ensure new technologies, materials and methods, as well as better approaches to health and safety, can be incorporated into the next generation of buildings with sufficient time for proof of performance.”

Estas são algumas indicações que podem auxiliar o processo de implantação de códigos sustentáveis para as cidades e estes guias citados acima mostram a preocupação num âmbito mundial em adaptar as edificações aos parâmetros da sustentabilidade, ainda que sejam mais focados para as questões energéticas. Porém, o conforto ambiental está vinculado a eficiência energética quando minimiza a utilização de equipamentos que consomem energia para atingir os níveis ideais de conforto dos usuários, portanto, são recomendações que têm objetivos em comum e que se associam em busca da qualidade ambiental.

No Brasil, o IBAM, Instituto Brasileiro de Administração Municipal, também tem tratado o assunto em alguns guias que expressam a importância do planejamento urbano sustentável. Na publicação do *Guia técnico PROCEL Edifica: Planejamento e controle ambiental-urbano e a eficiência energética* é possível encontrar uma definição da relevância do código de obras mostrando que sua finalidade é:

“Orientar os costumes construtivos, regulando o espaço edificado por meio de normas técnicas para a prática da construção, ordenando a sua implantação nos lotes, a fim de garantir a solidez, a segurança, a salubridade, a habitabilidade, a acessibilidade, a eficiência energética e a sustentabilidade das edificações e obras.” (BARANDIER *et al.*, 2013, p. 148)

Meirelles¹⁴ *apud* Barandier *et al.* (2013, p. 148) diz que “no poder levantar em seu terreno as construções que entender, está consignada, para o proprietário, a regra da liberdade de construção; na proibição do mau uso da propriedade está o limite dessa liberdade”. Esta é a relação do conforto ambiental com o clima local, pois as ações construtivas se misturam às condicionantes climáticas gerando uma condição específica. Complementando, a citação do autor estabelece a relevância da legislação para estas questões afirmando que deve ser exercido o direito de construir respeitando as adjacências e as normativas legais. Ou seja, as leis são instrumentos importantes para informar e determinar a condição de um ambiente confortável, não só interno, mas também urbano.

O *Guia técnico PROCEL Edifica: Elaboração e atualização do código de obras e edificações*, mais especificamente, detalha como o processo de criação e revisão da legislação deve ser feito e descreve uma estrutura a ser seguida. Nesta publicação igualmente está vinculada a importância da lei para o conforto ambiental, quando cita a relação dos edifícios com a cidade: “é imprescindível também que as novas edificações não interfiram desfavoravelmente nas condições climáticas do meio externo, de forma a garantir o equilíbrio ambiental através da manutenção da qualidade do ambiente construído (...)” (BAHIA, 2012, p. 17).

¹⁴ MEIRELLES, Hely L. **Direito de construir**. 9. ed. [S.I.]: Malheiros Editores, 2005.

Para se obter o conforto ambiental das construções, é preciso entender a relação das atividades realizadas no edifício com o clima externo, tendo o projeto arquitetônico como instrumento de ligação entre os dois contextos. O edifício deve ser projetado para atender as necessidades dos usuários em conformidade com as condições climáticas a fim de manter a saúde dos ocupantes e o pleno funcionamento do seu metabolismo¹⁵.

Em cada projeto precisam ser considerados aspectos climáticos que interferem no uso dos ocupantes e nas relações entre o edifício e seu entorno. A orientação solar e as condições de ventilação e iluminação ideais podem ser definidas quando se leva em conta a temperatura, a pluviosidade, a dominância dos ventos e ruídos que são oriundos dos dados climáticos e medições locais¹⁶. Tudo isso, quando pensando ainda nas fases iniciais do planejamento da construção, possibilita um alcance maior das possibilidades de soluções mais eficientes para atingir os parâmetros de conforto, pois “a adequação da edificação com a finalidade de torná-la mais confortável e mais eficiente do ponto de vista energético e sustentável será mais onerosa”¹⁷ e, possivelmente, esta adaptação pode ser comprometida e não mais tão eficaz.

Como citados acima, os dados climáticos são importantes para guiar o projeto em busca do conforto ambiental, o qual, no guia em questão, é determinado pela qualidade do ar, o conforto higrotérmico, o conforto luminoso e o conforto acústico. Os dois últimos já foram descritos anteriormente e o conforto higrotérmico se assemelha ao conforto térmico, e se relaciona com a capacidade de manter o corpo em condições favoráveis perante as trocas de calor com o ambiente¹⁸. Já a qualidade do ar, de maneira óbvia, está vinculada aos níveis de poluentes que prejudiquem a saúde dos indivíduos (*id.*, 2012). Cada um destes quatro fatores está sujeito a condicionantes climáticos específicos. A Tabela 1 a seguir relaciona quais questões referentes ao clima devem ser observadas em projetos arquitetônicos para atingir os quatro itens pertinentes ao conforto ambiental:

¹⁵ C.f. BAHIA, 2015, p. 33. *Ibid.*

¹⁶ C.f. BAHIA, 2015, p. 61. *Ibid.*

¹⁷ C.f. BAHIA, 2015, p. 42. *Ibid.*

¹⁸ C.f. BAHIA, 2015, p. 109. *Ibid.*

**MATRIZ DAS INTERAÇÕES DO PROJETO ARQUITETÔNICO
COM O CONFORTO AMBIENTAL**

	Qualidade do Ar			Conforto Higrotérmico			Conforto luminoso			Conforto Acústico		
Fatores Condicionantes	Fontes de poluição do ar e sonora	Ventilação natural	Ventilação e condicionamento artificiais	Fatores físico-climáticos (radiação solar, umidade, etc.)	Entorno construído	Aspectos que caracterizam a região	Disponibilidade de iluminação natural	Níveis de iluminação	Iluminação artificial	Fontes de ruído externas e internas	Nível de ruído	Tratamento adequado (absorção e transmissão)
Projeto Arquitetônico												
1. Estudo dos fatores climáticos da cidade/região e observação das condicionantes do local da edificação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Implantação da edificação no lote e orientação das aberturas e dos vãos de iluminação e ventilação em função das condicionantes climáticas	X	X		X	X	X	X	X		X	X	
3. Planejamento da localização dos compartimentos segundo a permanência e o período de ocupação em função das condicionantes climáticas, da correta orientação solar e de fontes emissoras de ruídos	X	X		X	X	X	X	X		X	X	
4. Dimensionamentos dos vãos, possibilitando a adoção de iluminação e ventilação naturais preferencialmente	X	X		X	X	X	X	X				
5. Planejamento da localização dos compartimentos segundo a permanência e o período de ocupação em função das condicionantes climáticas, da correta orientação solar e de fontes emissoras de ruídos	X	X		X	X	X	X	X		X	X	

Continuação...

	Qualidade do Ar			Conforto Higrotérmico			Conforto luminoso			Conforto Acústico		
Fatores Condicionantes	Fontes de poluição do ar e sonora	Ventilação natural	Ventilação e condicionamento artificiais	Fatores físico-climáticos (radiação solar, umidade, etc.)	Entorno construído	Aspectos que caracterizam a região	Disponibilidade de iluminação natural	Níveis de iluminação	Iluminação artificial	Fontes de ruído externas e internas	Nível de ruído	Tratamento adequado (absorção e transmissão)
Projeto Arquitetônico												
6. Dimensionamentos dos vãos, possibilitando a adoção de iluminação e ventilação naturais preferencialmente	X	X		X	X	X	X	X				
7. Uso das propriedades de reflexão e absorção das cores empregadas nas fachadas e nos ambientes internos				X	X		X	X				
8. Dimensionamento dos elementos de proteção solar nas fachadas (beirais, varandas, pérgulas, brises, cobogós, vegetação, entre outros)	X	X		X	X	X	X	X		X	X	
9. Escolha de materiais construtivos adequados na relação entre os requisitos internos para atender as condições de conforto e as condicionantes externas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10. Escolha de equipamentos energeticamente eficientes para atender as condições de conforto e as condicionantes externas			X					X				

	Qualidade do Ar			Conforto Higrotérmico			Conforto luminoso			Conforto Acústico		
Fatores Condicionantes	Fontes de poluição do ar e sonora	Ventilação natural	Ventilação e condicionamento artificiais	Fatores físico-climáticos (radiação solar, umidade, etc.)	Entorno construído	Aspectos que caracterizam a região	Disponibilidade de iluminação natural	Níveis de iluminação	Iluminação artificial	Fontes de ruído externas e internas	Nível de ruído	Tratamento adequado (absorção e transmissão)
Projeto Arquitetônico												
11. Adoção de elementos arquitetônicos e revestimentos indutores do conforto ambiental	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12. Avaliação da necessidade de previsão e a correta localização de prismas de ventilação e iluminação		X		X			X	X	X			

Tabela 1: Matriz das interações de projeto arquitetônico com o conforto ambiental
 Fonte: BAHIA, 2012, p. 113 e 114

É notável a relevância do código de obras para obtenção do conforto ambiental por tratar sobre a forma ideal como as edificações podem ser projetadas para atingir os níveis mínimos de qualidade e como este instrumento desempenha um papel fundamental perante as ações administrativas do município que objetiva a sustentabilidade junto ao desenvolvimento. Por ser um instrumento que envolve diversas áreas de atuação na dinâmica urbana, seu alcance certamente é maior. No entanto, não se pode deixar de lado a conformidade do código com outras normativas para que as regulamentações sejam mais coerentes e aplicáveis:

“O Código de Obras e Edificações, como instrumento isolado, objetiva o controle da atividade edilícia no Município, considerando cada obra ou edificação também isoladamente e tendo, inclusive, abrangência sobre o território não urbano. Entretanto, como um instrumento de gestão urbana e parte de um sistema integrado com outros instrumentos urbanísticos (leis de perímetro urbano; de uso, ocupação e parcelamento do solo urbano; e demais posturas urbanísticas), só cumprirá plenamente seu objetivo quando inserido e operado no contexto do planejamento e da gestão focados no princípio da promoção da sustentabilidade ambiental urbana” (BAHIA, 2012, p.22).

A adequação do planejamento urbano, visando desenvolver a sincronia da aplicação das leis municipais, as quais pode-se considerar agentes transformadores do ambiente construído, é o meio mais lógico de permitir que a configuração urbana seja capaz de oferecer as condições de iluminação e ventilação naturais, absorção e isolamento de sons, controle de temperatura e ventos adequados ao clima local nos edifícios e seus arredores, contribuindo para bom desempenho do conforto ambiental urbano. É imprescindível que a atenção das pessoas seja voltada para as questões sustentáveis e, principalmente, ter o entendimento das consequências das ações antrópicas no ambiente natural e construído. “Mudar a maneira como os prédios são projetados e construídos começa quando desenvolvemos a consciência da complexidade da relação e dos impactos do que fazemos” (EISENBERG, [1999?], tradução nossa)¹⁹.

2.3. NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS

O edifício sofre, ao longo do tempo, algumas degradações devido a sua ocupação, às intempéries e às mudanças climáticas, bem como obsolescência devido à evolução dos sistemas construtivos e à tecnologia das instalações prediais. Muitas das causas desta depreciação podem ser evitadas quando se tem consciência de que o uso de soluções adequadas podem melhorar a qualidade do ambiente construído. No entanto, o desempenho de um edifício é, por vezes, negligenciado ainda na fase projetual, mesmo quando se trata de grandes empreendimentos.

Segundo Gomes (2015, p. 17), o mundo voltou sua atenção para o desempenho das edificações após o fim da II Guerra Mundial, quando as áreas destruídas começaram a ser reconstruídas de maneira rápida, levando à preocupação com a qualidade das construções em relação a velocidade da execução das obras. Foi então, neste contexto, que organizações mundiais começaram a surgir para regular padrões qualitativos construtivos. Como marcos importantes, temos a criação da ISO (*International Organization for Standardization*), em 1947, com o objetivo de normalização e, em 1953, a criação do CIB (*Conseil Internationale du Bâtiment*), voltado para a pesquisa e inovação.

Com um grande atraso, o Brasil, por meio da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) teve a questão do desempenho considerada na publicação da NBR 15220, somente no início dos anos 2000, abordando o desempenho térmico das edificações. Como primeira forma de aplicação, esta Norma Técnica foi de caráter orientativo, ou seja, sem obrigatoriedade. Dez anos depois, após

¹⁹ “Changing the way buildings are designed and built starts with developing an awareness of the complexity of the relationships and impacts of what we do.”

algumas revisões, a NBR 15575 foi lançada, com abrangência também para questões luminosas, acústicas, segurança e sustentabilidade, já com aplicação compulsória. A criação destas normas influencia na conscientização inicial das propostas, resultando numa melhor qualidade projetiva e construtiva.

A NBR 15220: Desempenho térmico de edificações teve sua primeira edição em 2003 (com revisão da parte 2, em 2005 e da parte 3, em 2008) observando critérios das condições climáticas brasileiras para resolver questões ligadas ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social, apesar de seu título genérico. Esta norma é dividida em 5 partes e cada uma dedicada a definições, métodos de cálculo, zoneamento bioclimático nacional e medições de elementos e componentes construtivos com propriedades que podem interferir no conforto térmico do edifício.

É interessante ressaltar a terceira parte da norma acima citada, a NBR 15220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro, que fornece recomendações construtivas e estratégicas para condicionamento térmico passivo aplicáveis na fase de projeto. Nesta seção é apresentado o mapa de Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Figura 1), com oito zonas diferentes, as quais recebem orientações projetuais de acordo com alguns parâmetros e condições: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); estratégias de condicionamento térmico passivo.

Visto que o Brasil tem dimensões continentais, é importante a divisão do território em áreas com características similares para propor estratégias pertinentes às condicionantes locais. Portanto, a parte 3 da norma, baseada no Diagrama Bioclimático de Givoni e nas Tabelas de Mahoney, caracteriza regiões e desenvolve recomendações técnico-construtivas para resolver questões relativas ao conforto térmico, com estratégias para verão e inverno, para cada uma das oito zonas descritas. Assim, é possível obter maior eficiência das soluções recomendadas, pois as orientações são determinadas a partir da combinação da posição geográfica com dados climáticos como médias de temperatura e umidade relativa do ar, características de cada zona bioclimática, adequando a edificação a suas condições climáticas.

Destinada a edificações habitacionais de até 5 pavimentos (embora essa especificidade tenha sido excluída da versão de 2013), a NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho (2013) é apresentada para ampliar os critérios que atingem às exigências do usuário em relação à segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Dos três itens acima, a habitabilidade é voltada para o conforto ambiental, conforme especificado pelo *Guia técnico PROCEL Edifica: Elaboração e atualização do código de obras e edificações* (2012), por tratar das questões inerentes ao desempenho térmico,

desempenho acústico, desempenho luminoso e qualidade do ar. Vale ressaltar a importância da norma por ter o caráter compulsório, para que a qualidade dos edifícios habitacionais seja mais efetiva.

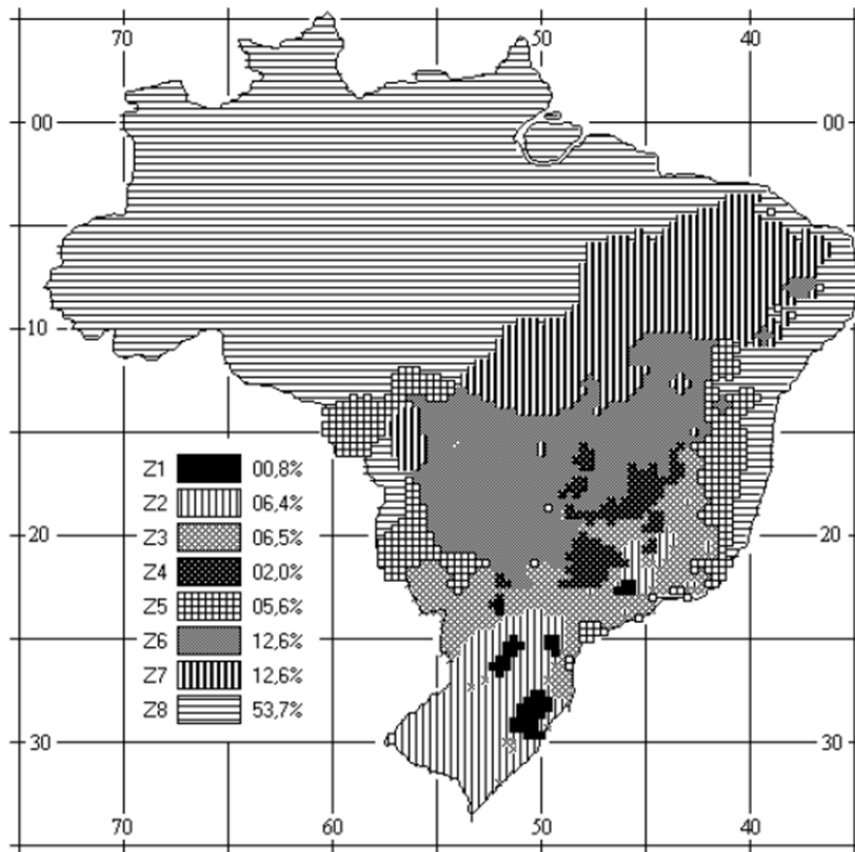


Figura 1: Zoneamento Bioclimático Brasileiro
Fonte: NBR 15220-3, 2005

Esta norma contém 6 partes que explicitam requisitos para sistemas estruturais, sistemas de piso, sistemas de vedações verticais, sistemas de cobertura e sistemas hidrossanitários. É pertinente, no momento, aprofundar nas que têm por objetivo tratar sobre o conforto ambiental, ou seja, as partes 4 e 5.

Na quarta parte, a NBR 15575-4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE, são mencionadas recomendações projetivas e construtivas para paredes com ou sem função estrutural, sejam estas internas ou externas. Quando apresenta as normativas para desempenho térmico, somente as paredes externas são contempladas. São estabelecidos requisitos e critérios que devem ser atendidos a fim de proporcionar os níveis mínimos das condições térmicas confortáveis no edifício.

Para o desempenho térmico, para a adequação de paredes internas, são considerados os critérios de transmitância térmica e capacidade térmica das paredes externas de acordo com as informações

estabelecidas para cada uma das oito zonas bioclimática brasileiras, fornecidas pela NBR 15220-3. A transmitância térmica é definida como “transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo; (...) incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes” (ABNT NBR 15575-1, 2013). E a capacidade térmica é a “quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema em $\text{kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ ”²⁰. Os modelos de cálculo para obter os parâmetros acima estão na NBR 15220-2. O requisito aberturas para ventilação tem indicações sobre as dimensões de abertura adequadas para ventilação interna em ambientes de permanência prolongada, também conforme as zonas bioclimática da NBR 15220-3.

Complementando os outros componentes do conforto ambiental, voltado para vedações externas, esta parte da norma também oferece considerações sobre a qualidade acústica e luminosa. O desempenho acústico tem como requisito os níveis de ruído admitidos na habitação levando em conta o critério diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação externa, considerando os dormitórios, e o critério diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação entre ambientes, verificada em ensaio de campo. Ambos têm índices de referências de valores mínimos fornecidos em tabelas apresentadas pela norma. Já o desempenho lumínico ou luminoso tem referência na parte 1 da NBR 15575 com requisito sobre a iluminação natural. Seus critérios são simulação de níveis mínimos de iluminância natural e medição *in loco* do fator de luz diurna (FLD). Também são dispostos valores de desempenho mínimo para cada tipo de ambiente da habitação.

Na parte 5, NBR 15575-5: Requisitos para sistemas de coberturas, as proteções horizontais da edificação também recebem atenção em relação ao conforto dos usuários. Para o desempenho térmico, o requisito se refere a isolamento térmica da cobertura, com o parâmetro transmitância térmica apresentando valores máximos admitidos de acordo com a divisão das zonas bioclimáticas (ABNT NBR 15220-3, 2005). O desempenho acústico avalia o isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas, considerando os sons aéreos e o ruído de impacto de piso, em caso de áreas de acesso coletivo. O requisito isolamento acústico da cobertura, devido a sons aéreos, analisa somente os dormitórios e o requisito nível de ruído de impacto nas coberturas acessíveis de uso coletivo analisa dormitórios e salas de estar, ambos com valores de referência apresentados em tabelas. Por fim, o desempenho luminoso faz referência a NBR 15215²¹.

²⁰ C.f. ABNT NBR 15575-1, 2013. Ibid.

²¹ ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15215: Iluminação Natural**. Rio de Janeiro, 2005.

A qualidade do ar aparece citada na parte 5, mas com referência à parte 1. As especificações são relativas ao requisito proliferação de micro-organismos, que trata sobre a salubridade dos ambientes, a partir da umidade e temperatura internas, ao requisito poluentes na atmosfera interna da habitação, considerando as propriedades poluentes dos materiais, equipamentos e sistemas utilizados na construção, e ao requisito poluentes no ambiente de garagem, determinando que os gases de escapamento e equipamentos não podem adentrar nos ambientes internos da edificação. Todos estes requisitos não têm critérios estabelecidos pela norma, a qual orienta atender aqueles definidos pela legislação adequada a cada lugar. Ou seja, as recomendações são vagas e com pouca efetividade, já que as leis para atingir a qualidade do ar somente são estabelecidas em condições muito específicas e de responsabilidade do governo estadual, deixando outras localidades sem orientações adequadas, já que a legislação municipal não contempla a problemática.

Apesar das normas acima citadas terem embasamento em normalizações internacionais, há estudos que apontam algumas deficiências. Sorgato, Melo e Lamberts²² (*apud* FREITAS e LORENZO, 2016), desenvolveram um trabalho no qual expõem a variação nos resultados da aplicação da NBR 15575 de acordo com a configuração do dia típico de verão e de inverno, e isto não está previsto na norma. Sorgato²³ (*apud* FREITAS e LORENZO, 2016) também contribuiu para esta questão sugerindo e fazendo críticas em relação ao quesito desempenho térmico da mesma norma, principalmente, por não levar em conta a influência da variação de temperatura durante o ano. Ainda assim, é notável a importância da criação destes instrumentos para normalizar e ponderar sobre a qualidade das edificações.

Muitas vezes, temos a excelência diminuída nas construções em função da redução de custos dos empreendimentos, deixando de lado a preocupação com uso de materiais e métodos adequados ao conforto ambiental, que aliem baixo custo e impacto. Por vezes, os maiores prejudicados neste processo, os usuários, não têm conhecimento das possibilidades de melhorias do espaço e não conseguem ter uma referência para orientá-los. Por isso, mesmo que tenham falhas e estejam aquém dos avanços internacionais, as normas de desempenho brasileiras representam um papel importante na busca da qualidade construtiva e do bem-estar dos ocupantes.

²² SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Análise do Método de Simulação de Desempenho Térmico na Norma NBR 15575**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12. Brasília, 2013. **Anais...** Brasília: ANTAC, 2013.

²³ SORGATO, M. J.; et al. **Nota técnica referente à avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública**. Universidade Federal de Santa Catarina, LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2012.

2.4. FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO

É sabido que o clima e seus fatores tem interferência no modo como as pessoas se sentem confortavelmente ou não dentro das edificações. Compreender o comportamento climático de uma região é de grande valia para obter a qualidade ocupacional de um espaço, pois pode auxiliar no processo de concepção do ambiente. Por isso, já há algum tempo, a análise das condições climáticas a fim de proporcionar o conforto térmico dos edifícios e algumas ferramentas foram elaboradas para que fosse possível analisar os dados do clima e sugerir princípios de projeto mais adequados. Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 83 e 84) reforçam esta ideia:

“Mesmo após o entendimento do clima, dos conceitos térmicos e das estratégias de projeto que visam uma melhor integração entre o usuário e o clima, deve-se achar um meio de achar os efeitos destes fatores na arquitetura e em sua eficiência energética. Pode-se tirar partido ou evitar o efeitos destas variáveis, por intermédio das edificações, de forma a obter um ambiente interior com determinadas condições de conforto para os usuários. (...) É importante ao arquiteto integrar o uso de sistemas naturais e artificiais, ponderando os limites de exequibilidade e a relação custo/benefício de cada solução. Se as estratégias naturais forem as mais adequadas, deve-se conhecer, primeiramente, a Bioclimatologia, que se aplica os estudos do clima (climatologia) às relações com os seres vivos (OLGYAY, 1968²⁴).”

A Bioclimatologia, como citado acima, se refere à análise de estados diários da atmosfera captados por longos períodos, adotada ao relacionamento com pessoas, animais e plantas. Na arquitetura, mais precisamente a relação com o homem, o primeiro autor a desenvolver estudos voltados para a esta área foi James M. Fitch, que publicou seu livro intitulado "*American Buildings: the environmental forces that shape it*", ainda nos anos de 1940 (BOGO *et al.*, 1994).

Posteriormente, Olgay, em 1963, criou um diagrama para facilitar a leitura dos dados climáticos para apurar os possíveis problemas de um determinado clima e possibilitar desenvolver estratégias que buscassem o conforto térmico. Para analisar o diagrama foi necessária a determinação de uma zona de conforto que guiasse as proposições. “A zona de conforto é definida como a faixa de condições climáticas dentro da qual a maioria das pessoas não sentiria desconforto térmico, seja por calor ou frio” (SCHMID, 2015, p. 2).

No estudo de Olgay, seu diagrama bioclimático utiliza as condições de temperatura e umidade relativa do ar para estabelecer os requisitos de velocidade de vento e radiação solar ideais para o

²⁴ OLGAY, V. **Clima y arquitectura en Colombia**. Universidad del Valle. Facultad de Arquitectura. Cali, Colombia, 1986.

conforto considerando o calor e frio, já que isto é determinado pelas trocas térmicas entre o corpo humano e o ambiente em que está inserido (FROTA e SCHIFFER *apud* ASSIS, 2001).

Entretanto, Givoni apontou algumas limitações no trabalho de Olgyay, já que este estudo foi feito somente para condições de temperatura externa. A zona de conforto definida pelo segundo autor era considerada subjetiva e arbitrária. Além disso, este pesquisador julgou que a diferença de temperatura interna e externa não eram significativas, quando fez a análise em localidades do leste dos Estados Unidos, não sendo, então, este diagrama aplicável para outros lugares. Por isso, Givoni criou, inicialmente em 1969, o BBC (*Building Bioclimatic Chart*), no qual corrigiu as questões relativas à descrição da zona de conforto, gerando ele mesmo os índices, num estudo de caráter biofísico, denominado ITS (*Index of Thermal Stress*); e à análise da temperatura interna e não somente externa, pois realizou pesquisas em diferentes locais, como Estados Unidos, Europa e Israel (BOGO *et al.*, 1994).

O diagrama de Givoni é baseado na carta psicrométrica, que “permite representar graficamente as evoluções do ar úmido, conforme a combinação de ar seco e vapor d’água em dada pressão atmosférica” (MATOS²⁵ *apud* FERNANDES, 2019, p. 1855). A psicrometria é “a ciência que estuda o envolvimento das propriedades do ar úmido (uma mistura de ar seco e vapor d’água) e de processos (secagem, umidificação, resfriamento, aquecimento) na mudança da temperatura ou do conteúdo de vapor d’água da mistura” (BRITTO, 2010, p. 36). No caso do BBC, os dados de temperatura e umidade do ar são valores determinados por médias mensais, sendo estes dois valores registrados no diagrama, retratando o clima local mensalmente (BOGO *et al.*, 1994), o que estrutura as proposições arquitetônicas que proporcionem o conforto térmico.

Givoni, juntamente com Milne, fez atualizações neste trabalho dez anos depois e, em 1992, Givoni aperfeiçoou os estudos, criando o Diagrama Bioclimático de Givoni. Em todos os diagramas são apresentadas estratégias de projeto para aumentar a zona de conforto em relação ao clima em questão. Porém, nesse estudo mais recente, Givoni expande os limites de conforto que foram apresentados no seu primeiro trabalho, pois pesquisas realizadas em países de clima quente e úmido mostram que seus habitantes aceitam um limite maior de conforto relativo a temperatura e umidade. Então, o autor estabeleceu delimitações diferentes no diagrama, uma para países desenvolvidos, de clima temperado e uma para países em desenvolvimento e com clima com características de altas temperaturas. (BOGO *et al.*, 1994).

²⁵ MATOS, R. S. **Apostila de climatização**. Curitiba: UFPR, 2010.

Tessari (2014) lista os critérios condicionantes utilizados para a concepção do diagrama. Dentre estes estão: o usuário, considerando que já está acostumado às condições climáticas, na situação de repouso ou atividade sedentária e com roupas leves; a radiação solar direta, a partir da insolação direta nas paredes e janelas resolvida em projeto ou como estratégia para aquecimento interno; e os limites das estratégias, levando em conta que o diagrama tem zonas de conforto definidas para uma carta psicrométrica ao nível do mar, de forma que em grandes altitudes podem acontecer variações.

Outros autores, como Watson e Labs, em 1983, Szokolay, em 1987 e Evans, em 1988, fizeram suas contribuições para os estudos da bioclimatologia na arquitetura. Entretanto, Bogo *et al.* (1994), classifica o Diagrama Bioclimático de Givoni como o que mais se aplica as condições de clima no Brasil. As justificativas para tal conclusão são:

“Givoni desenvolveu um trabalho voltado para países quentes e em desenvolvimento; seu trabalho foi baseado na aclimação das pessoas a climas quentes e úmidos, e este estudo confirmado por experimentos realizados na Tailândia; a metodologia de Givoni adota limites maiores de velocidade do ar para temperaturas mais elevadas, coerentes com a realidade dos países de clima quente e úmido; o espaço interno pode ser resfriado, quando necessário, com menor consumo de energia, já que a temperatura máxima de conforto estabelecida está mais próxima da temperatura externa do local.” (id., p. 75)

A modificação do diagrama original para a realidade do Brasil se faz com algumas adaptações e complementações. As adaptações são relativas a ventilação e resfriamento evaporativo. Já as complementações se referem a umidificação, aquecimento e zona de ar condicionado. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) apresentam na sua publicação o diagrama adaptado ao Brasil (Figura 2) e descrevem as características e estratégias para cada polígono que representa uma zona de condições confortáveis ou não para o ser humano.



Figura 2: Carta Bioclimática adotada para o Brasil
Fonte: LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 86

Em estudo realizado por Gonçalves, Valle e Garcia (2001), onde foi avaliada a aplicabilidade do Diagrama Bioclimático de Givoni, a utilização desta ferramenta é questionada sob a justificativa de ser ou não correspondente aos níveis de conforto estabelecidos para a parcela populacional estudada, considerando a adaptação e as características climáticas determinadas por índices físico-ambientais e psico-fisiológicos, através de questionários e medições das variáveis dos espaços em questão. A conclusão dos pesquisadores mostra que a zona de conforto resultante do trabalho está quase toda inserida na zona de conforto definida por Givoni, considerando, então, o DBG aplicável ao contexto estudado, desde que o limite de conforto seja ajustado. O estudo ainda sugere que a pesquisa seja ampliada para reestabelecer os limites das zonas de estratégias bioclimática e as suas respectivas recomendações.

Apesar das considerações acima, a NBR 15220-3 (2005) utiliza este diagrama bioclimático, ajustado para as condições climáticas do Brasil, para a classificação das oito Zonas Bioclimáticas Brasileiras, ainda que haja ressalvas quanto às adequações para cada contexto climático. Vemos, assim, a convergência de pesquisas que analisam o desempenho térmico dos edifícios, a partir do estudo do clima onde está inserida a edificação para obter indicações de ordem bioclimática a fim de desenvolver um projeto arquitetônico mais adequado.

Outra ferramenta que é utilizada para avaliar as condicionantes climáticas locais para aplicação projetiva são as Tabelas de Mahoney. O desenvolvimento do método foi iniciado em 1969, por Carl Mahoney, arquiteto, juntamente com pesquisadores do Departamento de Estudos Tropicais e Desenvolvimento, da Associação de Arquitetura de Londres, que propuseram um procedimento que auxiliasse as proposições de projeto arquitetônico para residências, escolas e hospitais. As primeiras pesquisas se direcionaram para localidades de clima equatorial quente e úmido e clima tropical quente e seco, na África e, posteriormente, se expandiu para outras condições climáticas, resultando no trabalho final, dois anos depois, com amostras de aplicação em áreas da Ásia, África e América do Sul (TESSARI, 2014). “O objetivo de Mahoney com as tabelas era saber como a arquitetura deveria mudar em resposta às variações climáticas (...)” e “propunha saber em qual região geográfica se aplicam as recomendações desenvolvidas através da análise do clima” (BARBIRATO, 2011, p. 77).

Desde então, o método estabelecido por Mahoney tem sido utilizado, com o intuito de entender as condicionantes climáticas do local em estudo e, a partir disso, usar as recomendações de projeto, sugeridas pela própria metodologia, para edifícios com bom desempenho térmico, com soluções adequadas ao clima. As recomendações indicadas partem do partido do projeto, considerando a

implantação, a orientação e os afastamentos, passam pela escolha dos tipos de parede e cobertura a serem adotados, e vão até o dimensionamento das aberturas.

Nota-se, então, que é de extrema importância o profissional ter conhecimento técnico dos meios disponíveis de orientação de projeto, já que, há quase um século, a bioclimatologia na arquitetura é objeto de estudo. Existem muitas maneiras de se projetar eficientemente para o desempenho térmico, pois temos a disposição vários métodos que norteiam a adequação do edifício ao clima local. Isto também demonstra a relevância do contexto climático para guiar as proposições projetuais, como eram feitas as construções da arquitetura vernácula.

É viável também combinar diferentes metodologias para comparar os resultados e avaliar com mais apreço as orientações indicadas. Assim, as deficiências de cada método podem ser supridas e complementadas quando analisadas em comparação com outra ferramenta. Portanto, utilizar a variedade dos recursos disponíveis torna a interpretação das condições climáticas mais clara e eficaz na busca pela qualidade e pelo conforto do ambiente construído.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para que seja possível cumprir os objetivos deste trabalho, a revisão da literatura possibilitou o conhecimento acerca dos conceitos relativos ao clima, seus condicionantes e seus impactos e a identificação das questões inerentes ao conforto ambiental e o bem-estar humano e da relação entre a legislação e o clima; a análise das condicionantes climáticas de temperatura, umidade, pressão atmosférica, radiação solar e precipitação, foi feita usando uma base de dados captados por uma estação meteorológica do INMET; o estudo de estratégias projetivas, foi elaborado por meio das ferramentas de projeto: Diagrama Bioclimático de Givoni e Tabelas de Mahoney; e a avaliação da incidência de ventos, utilizando o *software* WRPLOT.

Para processar os dados climáticos, tanto no DBG quanto nas Tabelas de Mahoney, foi utilizada uma planilha desenvolvida pela profa. Eleonora Sad de Assis, que automatiza todos os cálculos e operações lógicas para decisão, sendo os resultados plotados no DBG para a carta psicrométrica do local e apresentados no quadro final de recomendações ao projeto arquitetônico das Tabelas de Mahoney.

3.1. DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO DE GIVONI

O DBG – Diagrama Bioclimático de Givoni – (Figura 3) consiste em polígonos desenhados que são resultado da combinação de valores de temperatura e umidade relativa do ar exterior, plotados numa carta psicrométrica²⁶, quando possibilitam a conservação do equilíbrio endotérmico do corpo humano sem esforço.

Um destes polígonos é onde está o limite da zona de conforto e os outros fornecem as informações que determinam o desconforto com a classificação a partir das indicações que podem solucionar o problema (TESSARI, 2014). Ou seja, para usar o DBG, é necessário plotar a média de temperatura e umidade relativa de cada mês para o local em estudo, representando, então, o dia médio mensal. Uma variação de 24 horas desse ponto médio mensal pode ser obtida usando os valores de temperatura média máxima e média mínima, mantendo a umidade absoluta do ar constante (ASSIS, 2001).

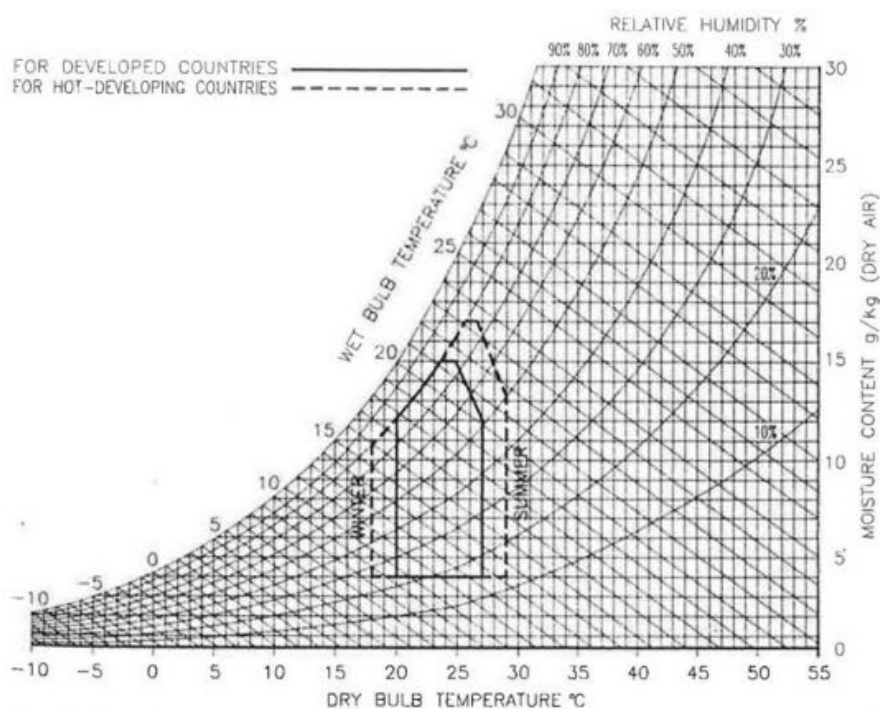


Figura 3: Carta Bioclimática de Givoni para países desenvolvidos e países em desenvolvimento
Fonte: GIVONI, 1992

A partir disso, é possível analisar em qual zona há maior ocorrência de pontos. Para cada zona existem recomendações relativas a “ventilação durante o dia, inércia térmica com ou sem ventilação, resfriamento evaporativo direto, resfriamento evaporativo indireto” (BOGO *et al.*,

²⁶ A carta psicrométrica para o local é gerada a partir dos dados médios de pressão atmosférica. As equações para a geração da carta podem ser vistas em COSTA, E. C. **Arquitetura Ecológica - condicionamento térmico natural**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 1982.

1994, p.47) e, assim é possível estabelecer as estratégias de projeto para corrigir a sensação de desconforto.

3.2. TABELAS DE MAHONEY

Para usar as Tabelas de Mahoney é necessário ter acesso a alguns dados climáticos. Estes dados são inseridos na primeira tabela do método e serão a base de análise para as etapas seguintes. A metodologia foi dividida em quadros, conforme a Figura 4 abaixo:



Figura 4: Estrutura geral da metodologia de Mahoney, segundo KOENIGSBERGER *et al.*,1977
Fonte: adaptado de HARRIS, CHENG e LABAKI, 2000

As variáveis a serem utilizadas são as temperaturas máxima e mínima, a precipitação e a velocidade e direção dos ventos. As médias destas variáveis, obtidas hora a hora, para cada dia de cada mês do ano, são inseridas numa tabela que é a base para os cálculos seguintes. Para completar o resultado desta tabela também podem ser inseridas a temperatura máxima absoluta e temperatura mínima absoluta de cada mês (para dados das Normais Climatológicas).

Depois da entrada dos dados climáticos, a tabela seguinte faz uma relação dos limites de conforto térmico diurno - considerando a temperatura máxima média mensal como referência - e noturno - considerando a temperatura mínima média mensal como referência. Também é necessário definir o grupo higrométrico (Figura 5) em que cada mês se enquadra, de acordo com a umidade relativa média mensal, comparando esta média com as classes de grupo higrométrico presentes no quadro GH, na tabela das variáveis.

GH	TMA <15°				15° < TMA < 20°				TMA >20°				GH	UR (%)	Para TMA= 0,0	
	Di a		Noi te		Di a		Noi te		Di a		Noi te				Di a	Noi te
1	21	30	12	21	23	32	14	23	26	34	17	25	1	<30		
2	20	27	12	20	22	30	14	22	25	31	17	24	2	30-50		
3	19	26	12	19	21	28	14	21	23	29	17	23	3	50-70		
4	18	24	12	18	20	25	14	20	22	27	17	21	4	>70		

Figura 5: Grupo higrotérmico (GH), das Tabelas de Mahoney (TMA: Temperatura média anual)
 Fonte: Planilha eletrônica criada pela Profª Eleonora

A partir do cálculo da temperatura média anual (TMA), que é uma média aritmética entre a temperatura máxima e a mínima ocorridas no ano (separadas nos quadros amarelos à direita), os limites de conforto diurno e noturno para cada mês são identificados no quadro GHxTMA, o primeiro à esquerda, na tabela da Figura 6. Com isso, nas linhas 3 e 6 da tabela, ficam definidas três condições possíveis de conforto térmico no local em estudo: conforto (C), se a temperatura média máxima ou mínima do mês estiver dentro dos limites de conforto; estresse térmico de frio (F), caso esses dados estiverem abaixo do limite inferior de conforto e estresse térmico de calor (Q), caso os dados estejam acima do limite superior de conforto.

VARIÁVEIS		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1	T média mensal máx (Tx)													0,0 Tx máx
2	Limites de Conforto diurno	MÁX												
		MÍN												
3	Stress térmico diurno													
4	T média mensal mín (Tn)													0,0 Tn mín
5	Limites de Conforto noturno	MÁX												
		MÍN												
6	Stress térmico noturno													
7	AMM (Tx - Tn)													0,0 AMA
8	Umidade Relativa	MED												
9	Grupo Higrométrico													
10	Precipitação Pluviométrica													0,0 Anual
11	Direção dos Ventos	DOM												
		SEC												

Figura 6: Tabela de definição dos limites de conforto, nas Tabelas de Mahoney
 Fonte: Planilha eletrônica criada pela Profª Eleonora

Em seguida, o quadro de indicadores de umidade ou aridez (Figura 7), baseado nos dados mensais de *stress* térmico, grupo higrométrico, chuvas e amplitude média mensal, determina quais meses têm recomendações referentes à ventilação, à chuva e ao tratamento das vedações.

IND	ST	GH	AMM	CH
H1	Q _D	4		
	Q _D	2/3	< 10°	
H2	C _D	4		
H3				>200
A1		1/2/3	>10°	
A2	Q _N	1/2		
	Q _D /C _N	1/2	>10°	
A3	F _D /F _N			

Legenda:
IND - Indicadores
ST - Stress Térmico
GH - Grupo Higrométrico
AMM Amplitude Média Mensal
CH - Chuva (mm)

Figura 7: Quadro de classificação de indicadores, nas Tabelas de Mahoney
Fonte: Planilha eletrônica criada pela Profª Eleonora

Na tabela de indicadores (Figura 8), cada mês recebe uma única classificação com base nos critérios do quadro de indicadores, sendo o indicador H3 a única exceção (ou seja, um certo mês pode receber a classificação de um dos cinco indicadores e também a de H3, desde que tenha precipitação acima de 200 mm). Os indicadores introduzem algumas proposições que devem ser consideradas para desenvolver o projeto arquitetônico.

INDICADORES		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	S
H1	VENTILAÇÃO é essencial													0
H2	VENTILAÇÃO é desejável													0
H3	Proteger contra a CHUVA													0
A1	INÉRCIA TÉRMICA													0
A2	Área p/ dormir ao AR LIVRE													0
A3	Problemas na estação FRIA													0

Figura 8: Tabela de indicadores, nas Tabelas de Mahoney
Fonte: Planilha eletrônica criada pela Profª Eleonora

A soma da quantidade de cada indicador é a base para preencher a última tabela do método criado por Mahoney, onde estão as recomendações que proporcionam o conforto da edificação, a partir de nove grupos de estratégias. As sugestões se referem à orientação do edifício, à posição e dimensão das aberturas, à circulação do ar, ao espaçamento entre as construções, ao tratamento de piso, paredes e cobertura, à proteção das aberturas e ao cuidado com as consequências das chuvas nos espaços externos (Figura 9).

Total de Indicadores					
Úmido			Árido		
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	0	0	0	0	0
1. PLANTA DE SITUAÇÃO					
			0 - 10		
			11 ou 12	5 - 12	Construções orientadas segundo eixo longitudinal leste-oeste a fim de diminuir a exposição ao sol.
				0 - 4	Plantas compactas com pátios internos.
2. ESPAÇAMENTO ENTRE CONSTRUÇÕES					
11 ou 12					Grandes espaçamentos para favorecer a penetração do vento.
2 - 10					Como acima, mas com proteção contra vento quente ou frio.
0 ou 1					Distribuição compacta.
3. CIRCULAÇÃO DE AR					
3 - 12					Construções com orientação simples, aberturas que permitam circulação de ar permanente.
1 ou 2			0 - 5		
			6 - 12		Construções com orientação dupla, circulação de ar cruzada
0	2 - 12				aberturas de ar controláveis.
	0 ou 1				Basta renovação higiênica do ar.
4. DIMENSÕES DAS ABERTURAS					
			0 ou 1	0	Grandes: 40% a 80% das fachadas norte e sul.
			2 - 5	1 - 12	Médias: 25% a 40% da superfície das paredes.
			6 - 10		Intermediárias: 20% a 35% da superfície das paredes.
			11 ou 12	0 - 3	Pequenas: 15% a 25% da superfície das paredes.
				4 - 12	Médias: 25% a 40% da superfície das paredes.
5. POSIÇÃO DAS ABERTURAS					
3 - 12					Aberturas nas paredes norte e sul, à altura do corpo humano, do lado exposto ao vento.
1 ou 2			0 - 5		
			6 - 12		Como acima, mas também aberturas nas paredes internas.
0	2 - 12				
6. PROTEÇÃO DAS ABERTURAS					
				0 - 2	Proteger da insolação direta.
		2 - 12			Proteger da chuva.
7. PAREDES E PISOS					
			0 - 2		Construções leves, baixa inércia térmica.
			3 - 12		Construções maciças, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas.
8. COBERTURA					
10 a 12			0 - 2		Leve (pouca inércia), superfície refletora, uso de câmara de ar.
			3 - 12		Leve e bem isolada.
0 a 9			0 - 5		
			6 - 12		Maciça, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas.
9. ESPAÇOS EXTERIORES					
				1 - 12	Espaço para dormir ao ar livre.
		1 - 12			Adequada drenagem para a chuva.
		3 - 12			Proteção contra chuvas violentas.

Figura 9: Tabela de recomendações arquitetônicas, nas Tabelas de Mahoney
Fonte: Planilha eletrônica criada pela Profª Eleonora

3.3. WRPLOT

Este *software* gratuito viabiliza a elaboração da rosa de ventos, a partir de dados de ventos coletados em estação meteorológica que capte as informações do local de estudo, para possibilitar a análise da incidência predominante e velocidade dos ventos. Para utilizar o programa, primeiramente é necessário que se tenha os dados de velocidade e direção dos ventos, hora a hora, organizados em planilha do Excel. Esta planilha deve ser importada no WRPLOT, conforme Figura 10 abaixo:

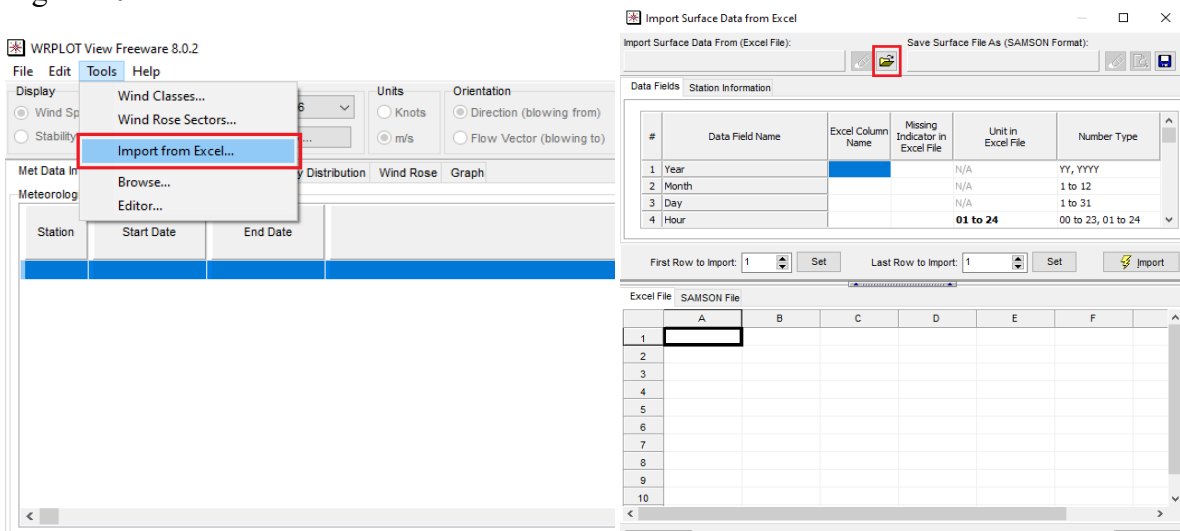


Figura 10: Importando dados de vento no WRPLOT
Fonte: produzido pela autora

É preciso configurar o formato de mês, dia e hora conforme a planilha, assim como a longitude e a latitude da estação meteorológica para não ocorrer divergências e o programa não reconhecer os dados.

Com as informações devidamente preenchidas e a planilha importada, o *software* cria um arquivo **.sam**, compatível com o programa. Em seguida, é preciso buscar este arquivo recém criado e adicioná-lo ao programa (Figura 11).

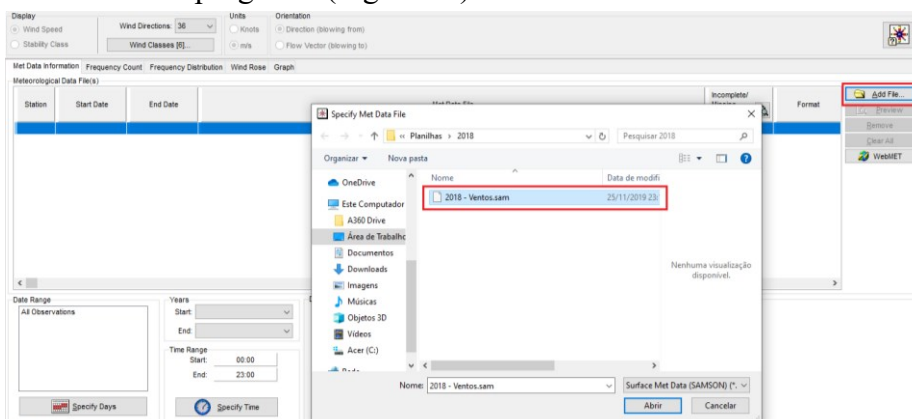


Figura 11: Adicionando arquivo **.sam** no WRPLOT
Fonte: produzido pela autora

Após adicionar o arquivo com as informações dos ventos e mudar a unidade de velocidade para m/s, conforme os dados coletados na estação meteorológica, a rosa dos ventos (Figura 12) pode ser visualizada e utilizada para fazer análises projetivas considerando a velocidade e direção predominante dos ventos que incidem no edifício.

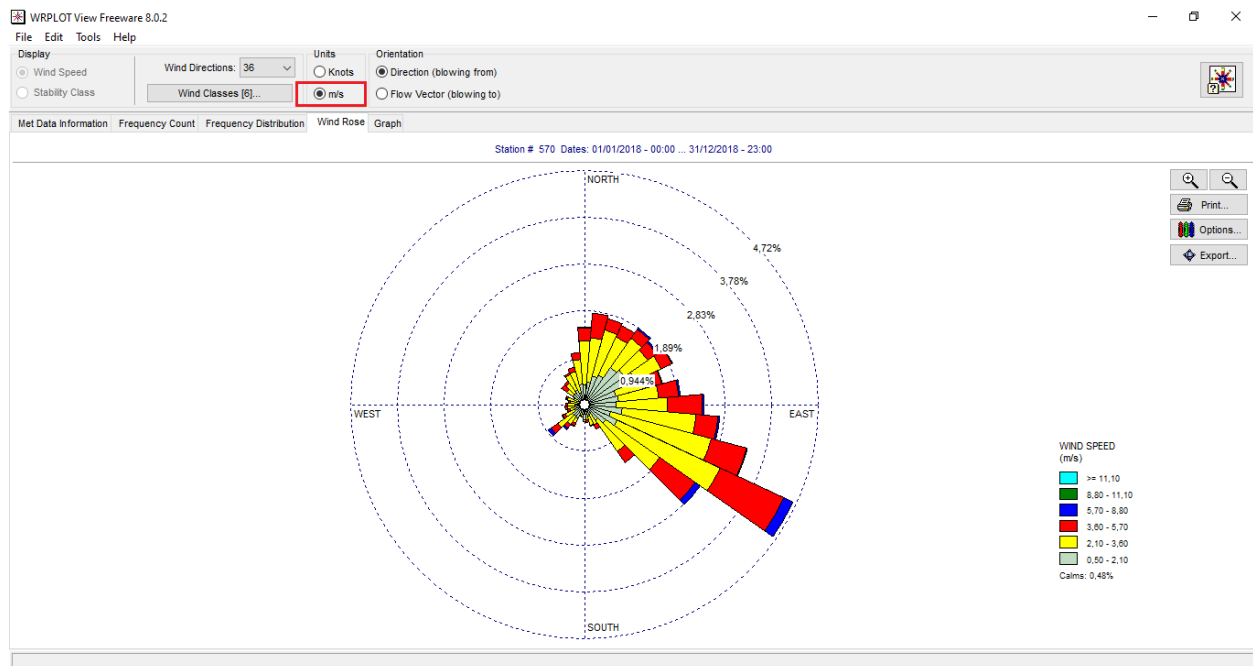


Figura 12: Rosa dos ventos no WRPLOT
Fonte: produzido pela autora

3.4. ROTEIRO METODOLÓGICO

O processo de trabalho partiu da etapa de revisão da literatura que instruíram a escolha dos métodos e ferramentas de projeto, assim como a forma de uso. Nesta revisão está incluída a pesquisa sobre as normas desempenho de edificações e as leis relativas à construção civil. Concomitantemente, foi feita a solicitação dos dados da estação meteorológica e a adequação das informações necessárias a serem aplicadas na planilha de processamento dos dados climáticos. Em seguida, os dados obtidos e revisados foram inseridos na planilha que gerou automaticamente os resultados plotados no Diagrama Bioclimático de Givoni e no Quadro de Recomendações das Tabelas de Mahoney. Então, a partir da análise dos resultados, foi feita a adequação das orientações projetivas às recomendações das normas e inseridas, sugestivamente, na redação do código de obras da cidade.



Figura 14: Roteiro metodológico
 Fonte: Produzido pela autora

4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Este trabalho visa analisar a eficiência da legislação urbana na cidade de Cláudio, MG, a fim de contribuir para o seu crescimento sustentável, principalmente no que diz respeito ao conforto ambiental urbano. Para tanto, a partir da apresentação de uma breve abordagem histórica e da inserção climática local, serão abordadas as leis então vigentes referentes ao planejamento urbano e a sua compatibilização com as recomendações sugeridas pelas ferramentas de projeto e pelas Normas de Desempenho Brasileiras. O principal objeto de estudo será o Código de Obras e Edificações.

4.1. HISTÓRICO

A cidade de Cláudio localiza-se na região Centro-Oeste de Minas Gerais (Figura 15) e tem boa proximidade com a capital do estado, Belo Horizonte, com distância aproximada de 140km. Sua altitude é por volta de 830m, com pequenas formações serranas e cursos d'água de baixo volume hídrico em seu território (Figura 16).



Figura 15: Localização de Cláudio, em Minas Gerais
Fonte: IBGE, 2017



Figura 16: Vista panorâmica da cidade de Cláudio
Fonte: Acervo pessoal

A cidade começou a se formar por volta de 1700, quando desbravadores percorriam o interior do Brasil em busca de ouro. Os primeiros ocupantes se instalaram próximos ao córrego, hoje denominado Lavapés, de maneira provisória, mas a informação de terras férteis logo começou a circular e outros povos tiveram interesse em se alojar na região, estabelecendo um pequeno núcleo populacional. Provavelmente não era uma área de grandes concentrações de ouro, já que a cidade não é conhecida pela extração do metal precioso, mas a população que se firmou logo começou a utilizar a terra para fins de agropecuária (IBGE, 2017).

O último censo, em 2010, registrou a população de 25.771 habitantes, com densidade demográfica de 40,86 hab/km², o que pode ser considerado um baixo índice populacional. A estimativa de população em 2019 é de 28.617 pessoas, o que mostra que é uma cidade de pequeno porte em constante crescimento.

De acordo com o portal eletrônico da Prefeitura Municipal, a cidade de Cláudio é conhecida como o “Maior Pólo de Fundições e Metalúrgicas da América Latina”, com aproximadamente 80 indústrias deste tipo, sendo atualmente a principal fonte de renda da população. Se por um lado é uma característica importante por se tratar de economia consolidada, os distritos industriais geram um impacto preocupante para o bem-estar da população: a poluição atmosférica. Este efeito provoca danos à saúde humana e exige que se tenha eficiência nas trocas de ar das edificações, interferindo nas proposições relativas ao conforto térmico, luminoso e acústico.

As leis que regem o planejamento urbano vigentes atualmente em Cláudio são a Lei de Uso e Ocupação do Solo, o Plano Diretor e o Código de Obras e Edificações. A primeira foi publicada no ano de 2000. O segundo foi criado inicialmente em 2003, mas foi revisado recentemente, juntamente com o Código de Obras, alterando disposições do anterior de 1999, com leis complementares dos anos de 2013 e 2017. Isto mostra a frequente atenção por parte do governo municipal, dos construtores, dos planejadores e dos projetistas em observar a aplicabilidade das normativas legais, embora ainda seja feito de maneira simplista e pouco preocupada com as questões ambientais.

O Código de Obras, instrumento mais relevante para a aplicação de estratégias de conforto nas edificações, no Capítulo das Condições Gerais Relativas às Edificações, cita que as paredes devem ser de construídas com tijolo comum ou elemento de mesmas propriedades de resistência, impermeabilidade e isolamento térmico e acústico, assim como normatiza a utilização de materiais impermeáveis e com isolamento térmico para coberturas. No entanto, não apresenta orientações mais específicas às condições climáticas locais para as envoltórias. Em relação aos afastamentos, a distância mínima para locar a construção, em relação à frente, às laterais e ao fundo, é de 1,50m,

mas permite que edificações comerciais e industriais encostem nas divisas, desconsiderando a distribuição urbana adequada. Já o dimensionamento das aberturas é determinado a partir da área do piso do compartimento, sendo de permanência prolongada ou não, o que desconsidera a necessidade ou não de sombreamento, insolação, controle de ventilação e proteção contra chuvas.



Figura 17: Distribuição urbana com poucos afastamentos que dificultam a circulação de ar
Fonte: Acervo pessoal

Sendo assim, a lei tem caráter genérico, sem considerar o clima e as condições naturais locais e se faz necessária a sua adaptação e atualização, atentando para as orientações e tendências em relação ao conforto ambiental das edificações.

4.2. CLIMA

Como é inserida no estado de Minas Gerais, Cláudio faz parte da região Sudeste do Brasil, na qual há grande diversidade de climas, mas a particularidade da sua localização faz com que a radiação solar seja intensa (CAVALCANTI *et al*, 2009) nas cidades desta região, o que é uma característica importante para a tomada de decisões relativas ao conforto ambiental.

De acordo com a classificação de Nimer (IBGE, 2002), a região do município em estudo se encontra numa zona climática denominada Tropical Brasil Central. Blume²⁷ (*apud* FERREIRA, *et. al.*, 2014) relaciona a classificação de Nimer com os climas gerais encontrados no Brasil, associando a região ao clima Tropical de Altitude. A principal característica desse clima é a diferenciação entre as estações frias, com baixa pluviosidade (outono e inverno – abril a setembro) e as estações quentes, que apresentam chuvas mais intensas (primavera e verão – outubro a março). Neste tipo de clima, as temperaturas são mais amenas do que no clima tropical, característica geral do país, devido a altitude.

No mapa da Figura 18, Cláudio está inserido na classificação Subquente, com média de temperatura entre 15° e 18°C em pelo menos um mês, considerado um clima úmido, com 3 meses de seca no ano.

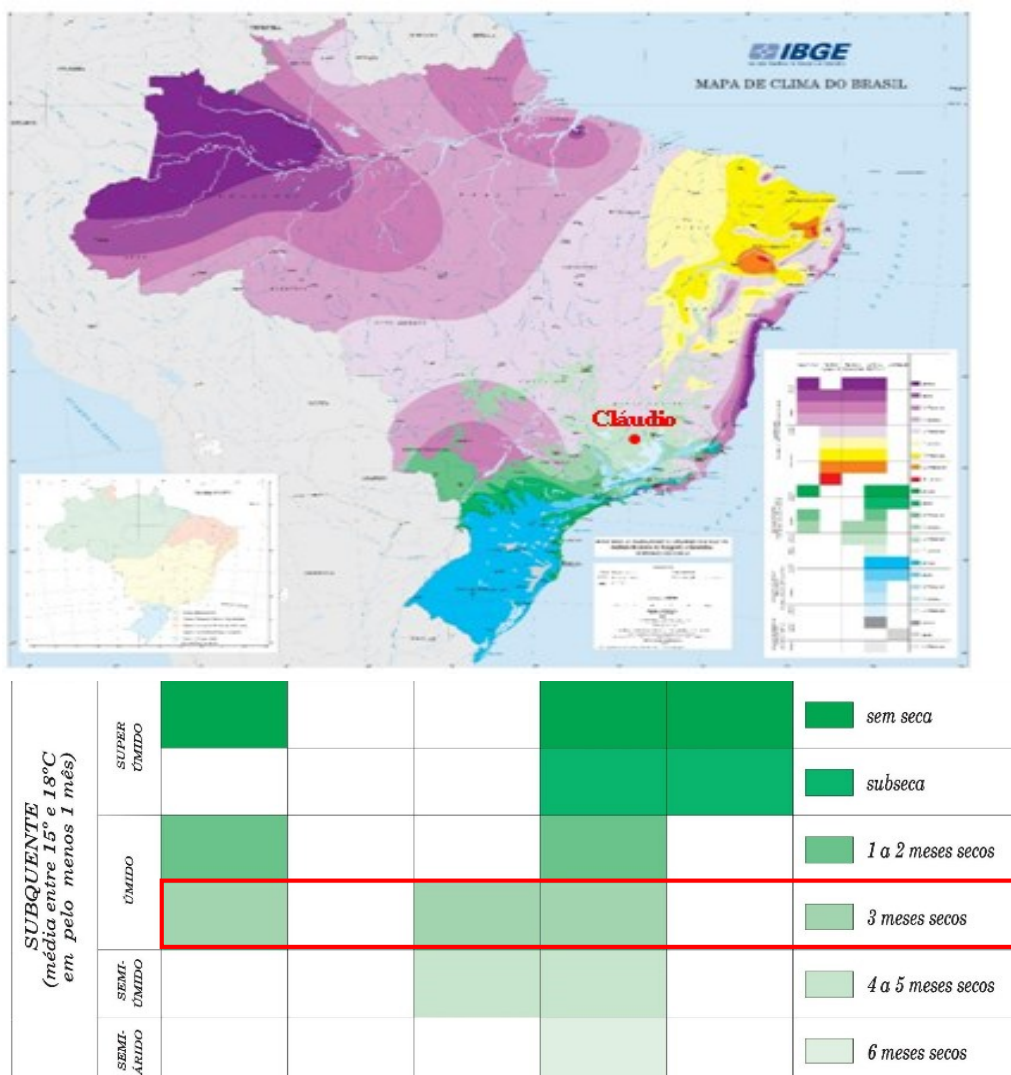


Figura 18: Mapa de Clima do Brasil
 Fonte: IBGE, 2002

²⁷ BLUME, Hermann. *La Casa Pasiva: clima y ahorro energético*. Madrid: The American Institute of Architects, 1984.

O Zoneamento Bioclimático da NBR15220-3 dispõe de recomendações arquitetônicas para cada zona, como dito anteriormente. A publicação fornece uma lista de 330 cidades e sua respectiva zona bioclimática e, nesta lista, a localidade mais próxima de Cláudio é Oliveira, classificada na ZB4. Considerando as coordenadas geográficas da cidade (44,7684 O; 20,4445 S), o seu posicionamento no mapa disposto na norma indica a mesma classificação da cidade vizinha listada (Figura 19).

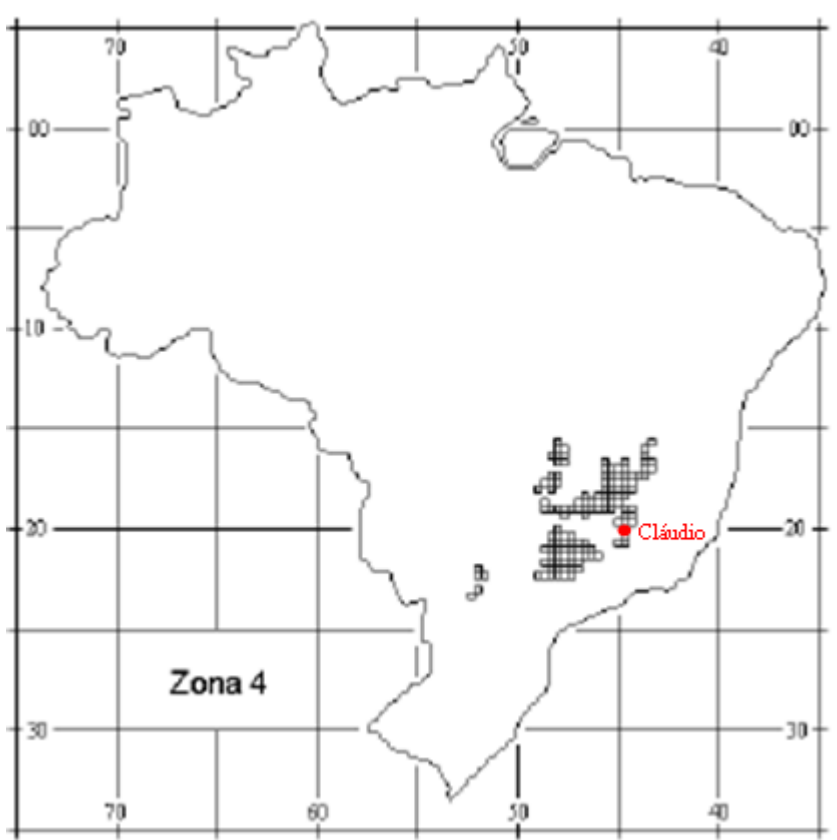


Figura 19: Zona Bioclimática 4
Fonte: NBR 15220-3, 2005

As estratégias para o conforto térmico nesta zona, de acordo com a publicação, se referem às aberturas, ao tipo de vedação externa e ao condicionamento térmico passivo das edificações. As aberturas devem ter tamanho médio e ser sombreadas. Recomenda-se paredes externas pesadas e cobertura leve e isolada. Já o condicionamento térmico é dividido em orientações para o verão e para o inverno. Para a estação mais quente é indicada a utilização do resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e a ventilação seletiva quando a temperatura interna for mais alta que a externa. E na estação mais fria a indicação é o aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas com inércia térmica.

Na NBR 15575-4 são tratadas as propriedades das vedações externas para o desempenho térmico e a recomendação para a Zona 4 é que a transmitância térmica (U) seja $\leq 3,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e a absorptância (α) (em relação à radiação solar na superfície externa da vedação vertical) seja $\leq 0,6$. Orienta também que a capacidade térmica (CT) das paredes externas devem ser $\geq 130 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$. Quanto às aberturas, o seu tamanho deve ser médio, com mínimo $\geq 7\%$ da área do piso para ambientes de longa permanência (sala, cozinhas e dormitórios), com possibilidade de vedação durante a temporada de tempo frio.

Para as coberturas, na NBR15575-5, recomenda-se para a ZB4 que a transmitância térmica (U) seja $\leq 2,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ se a absorptância (α) for $\leq 0,6$ e, se $\alpha > 0,6$; $U \leq 1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Os métodos de cálculo para determinar transmitância térmica (U) e absorptância (α), tanto para vedações externas verticais quanto para coberturas e para estimar a capacidade térmica (CT) de paredes externas, são fornecidos pela NBR 15220-2.

Com estas orientações técnicas é possível especificar estratégias e materiais no projeto arquitetônico para promover o bom desempenho dos edifícios levando em consideração as condicionantes climáticas locais. Além disso, a edificação tem o diferencial de se adequar às normas técnicas brasileiras, uma delas sendo de caráter compulsório. Portanto, para que o ambiente construído na cidade de Cláudio tenha maior qualidade e proporcione o bem-estar do usuário, é ideal que estas recomendações estejam presentes na legislação que normatiza a atividade edílica do município.

5. RESULTADOS E PROPOSTAS

5.1. FERRAMENTAS DE PROJETO APLICADAS ÀS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE CLÁUDIO

Para aplicar as recomendações das normas de desempenho, foi feito um estudo com levantamento dos dados climáticos de Cláudio, relativos ao conforto térmico, para adequar a legislação vigente às questões inerentes à arquitetura bioclimática. Foram utilizados os dados registrados hora a hora do ano de 2018, na Estação Automática A570 do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), situada no município de Oliveira, cidade com características climáticas e classificação da zona bioclimática (ABNT NBR15220-3, 2005) semelhantes a Cláudio.

Os dados climáticos usados foram temperatura instantânea, máxima e mínima do ar (°C), umidade relativa do ar (%), pressão atmosférica (hPa), velocidade média do vento (m/s), direção dominante do vento (graus), radiação solar (W/m²) e precipitação. Estas variáveis são a base para a criação do Diagrama Bioclimático de Givoni (DBG) e das Tabelas de Mahoney específicos para a cidade em questão.

O DBG, como já foi mencionado, usa os dados de temperatura e umidade plotados numa carta psicrométrica onde estão as áreas demarcadas que orientam as melhores estratégias para se conseguir o conforto e bem-estar humano, para uma população aclimatada. Temos, então, a partir da combinação do par psicrométrico T(°C) e UR (%), o seguinte diagrama mostrado na Figura 20.

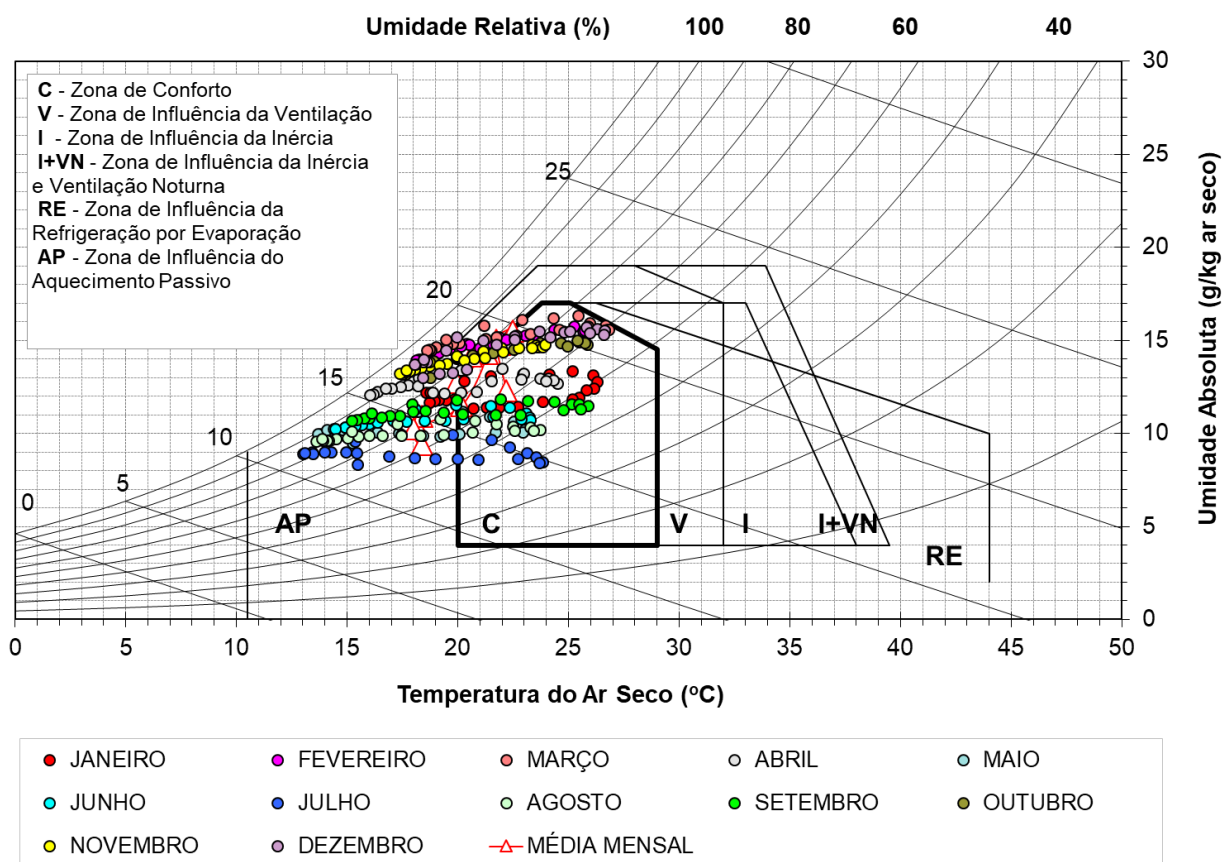


Figura 20: Diagrama Bioclimático de Givoni, dados para a cidade de Oliveira, próximo a Cláudio
 Fonte: Dados do INMET, organizados pela autora.

Percebe-se que a variação mensal ocorre principalmente na Zona de Conforto (C) e na Zona de Influência do Aquecimento Passivo (AP). Isto quer dizer que em boa parte do ano as condições climáticas locais proporcionam a sensação de conforto para os habitantes e que em períodos mais frios é necessário o aquecimento do ambiente através de estratégias passivas para resgatar o conforto térmico nas edificações.

Lamberts, Dutra e Pereira (2014) descrevem quais as recomendações para cada zona do diagrama de Givoni. Para a Zona de Conforto, é preciso analisar a média de incidência da temperatura para verificar qual estratégia mais se adequa. Visto que estão acima de 20°C, na delimitação do conforto, o bem-estar só é garantido durante o dia se houver sombreamento da edificação. O sombreamento pode ser adquirido por meio de protetores como brises, beirais avantajados, sacadas, marquises, acessórios internos de proteção, aliados a uma boa orientação solar e à vegetação. Portanto, mesmo que inserido na zona de conforto é necessário atribuir alguma especificação ao edifício para possibilitar o bem-estar dos ocupantes. Nos meses de verão, nota-se (Figura 20) que a umidade é mais elevada, sendo também recomendável boas condições de ventilação nas edificações.

Já para a Zona de Influência do Aquecimento Passivo, é preciso atenção às baixas temperaturas, principalmente no período noturno na maior parte do ano, para estipular o uso do isolamento térmico ou da inércia térmica. Como a temperatura, em sua maior parte, está entre 14° e 20°C, o ideal é utilizar materiais com capacidade de inércia térmica pelo ganho solar para aquecer as paredes externas, através da irradiação do sol, e permitir que, nos períodos mais frios como a noite, o calor armazenado seja transferido para o interior da edificação. Esta estratégia pode ter melhor desempenho quando se tem a orientação adequada do edifício e as cores corretas das vedações externas, que podem absorver calor na fachada ideal. Além disso, há outras técnicas como aberturas zenitais controláveis e painéis coletores de calor solar, dependendo da severidade das condições de temperatura. Nessa Zona, a ventilação deve ser controlável para permitir a conservação do calor no interior da edificação, porém a ventilação higiênica precisa ser mantida, pois a mesma Figura 20 mostra que a umidade nesse período chega a ser muito alta (médias acima de 70%), o que pode ocasionar problemas como mofo, por exemplo, caso uma ventilação mínima não seja mantida constantemente.

Em resumo, o Diagrama Bioclimático de Givoni, com as informações climáticas referentes a localidade da cidade de Cláudio nos mostra que as principais estratégias para possibilitar o conforto térmico nas construções são relativas ao sombreamento, ventilação e a inércia térmica. As recomendações de sombreamento e inércia térmica podem ser consideradas controversas, já que uma pede que se evite a insolação e a outra necessita da exposição ao sol para o aquecimento. Contudo, se houver um estudo qualificado da orientação solar e do programa de atividades do edifício, bem como especificação de componentes passíveis de controle (como brises e esquadrias pivotantes), é possível combinar as recomendações para evitar o excesso de ganho solar em períodos quentes e falta de irradiação em épocas mais frias.

As Tabelas de Mahoney têm uma abrangência maior de estratégias a serem adotadas para resolver as questões arquitetônicas de acordo com a bioclimatologia, já que analisam outros dados climáticos além da temperatura e da umidade do ar. As demais variáveis utilizadas foram as temperaturas máxima e mínima, a precipitação e a velocidade e direção dos ventos. As médias destas variáveis, obtidas hora a hora, para cada dia de cada mês do ano, são inseridas numa tabela (Tabela 2).

Dados Climatológicos													
Cidade:	OLIVEIRA, MG	Altitude:	1025 m	Período:	2018								
Latitude:	20,71 °SUL	Longitude:	44,86 °OESTE	Fonte:	Est. Automática A570								
Patm média an	676,7 mmHg												
VARIÁVEIS		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
T (°C)	MAX. ABS. (T _{max})												
	MAX. MÉD. (T _x)	22,9	22,4	23,3	20,7	18,9	19,1	19,0	18,7	20,9	22,0	21,2	22,7
	MÉDIA COMP. (T _c)	22,2	21,7	22,5	19,9	18,1	18,4	18,4	18,0	20,2	21,3	20,6	21,9
	MÍN. MÉD. (T _m)	21,5	21,1	21,9	19,4	17,4	17,7	17,4	17,4	19,4	20,8	20,1	21,3
	MÍN. ABS. (T _{min})												
UR(%)	MÉDIA (UR)	62,9	79,0	77,5	75,6	70,3	72,1	62,0	69,2	67,2	77,3	80,3	76,7
P (hPa)	MÉDIA (Patm)	901,2	900,7	899,7	901,7	903,9	906,0	904,7	905,5	902,4	900,2	901,6	897,9
P (mmHg)	MÉDIA (Patm)	676,0	675,6	674,8	676,3	678,0	679,6	678,6	679,2	676,9	675,2	676,3	673,5
Chuva (mm)	MÉDIA	264,4	109,2	173,4	37,6	39,6	22,6	0,4	106,2	77,8	211,4	245,4	250,0

Tabela 2: Entrada dos dados climáticos, obtidos por Estação Automática do INMET, no método de Mahoney
Fonte: Dados do INMET, organizados pela autora em planilha eletrônica

Nesta tabela, pode-se observar que a diferença entre as médias de temperatura máxima e mínima não é muito grande, variando aproximadamente 2°C em cada mês, portanto, com baixa amplitude térmica. Isto pode ser consequência da umidade relativa média do ar estar sempre acima de 60%, o que pode acentuar a sensação térmica tanto no calor quanto no frio. Além disso, também é possível perceber que durante pelo menos 4 meses do ano há bastante chuva (acima de 200 mm), devendo ser objeto de atenção projetual.

Depois da entrada dos dados climáticos, foi definido o grupo higrométrico de cada mês e comparado com temperatura média anual (TMA), para determinar os limites de conforto diurno e noturno, na Tabela 3. Na maioria dos meses, o período diurno está em *stress* térmico para o frio e em situação de conforto para a noite em relação aos limites de conforto estabelecidos. A sensação de desconforto para o frio ocorre principalmente no período de inverno e há meses considerados mais quentes também com ocorrência de dias frios, mas com a temperatura média mensal máxima estão muito próximas do limite de conforto. Da mesma forma, como um espelho dos meses analisados durante o dia, os meses com desconforto noturno para o quente tem a média de temperatura mensal mínima muito próxima dos limites para a noite. Isto acontece em decorrência

da baixa oscilação entre a temperatura máxima e mínima durante um dia, sendo esta variável, então, bem constante.

1.1 Índice de conforto de Mahoney

GH	TMA <15°				15° <TMA < 20°				TMA >20°				GH	UR (%)	Para TMA= 20.3			
	Dia		Noite		Dia		Noite		Dia		Noite				Dia		Noite	
1	21	30	12	21	23	32	14	23	26	34	17	25	1	<30	26	34	17	25
2	20	27	12	20	22	30	14	22	25	31	17	24	2	30-50	25	31	17	24
3	19	26	12	19	21	28	14	21	23	29	17	23	3	50-70	23	29	17	23
4	18	24	12	18	20	25	14	20	22	27	17	21	4	>70	22	27	17	21

VARIÁVEIS		IAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
1	T média mensal máx (Tx)	22,9	22,4	23,3	20,7	18,9	19,1	19,0	18,7	20,9	22,0	21,2	22,7	23,3 Tx máx	
2	Limites de Conforto diurno	MAX	29	27	27	27	27	29	29	29	27	27	27		
		MIN	23	22	22	22	22	22	23	23	22	22	22		
3	Stress térmico diurno	F	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	C		
4	T média mensal mín (Tn)	21,5	21,1	21,9	19,4	17,4	17,7	17,4	17,4	19,4	20,8	20,1	21,3	17,4 Tn mín	
5	Limites de Conforto noturno	MAX	23	21	21	21	21	23	23	23	21	21	21		
		MIN	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	20,3 TMA	
6	Stress térmico noturno	C	Q	Q	C	C	C	C	C	C	C	C	Q	5,9 AMA	
7	AMM (Tx - Tn)	1,4	1,3	1,4	1,3	1,5	1,4	1,6	1,4	1,5	1,2	1,1	1,4		
8	Umidade Relativa	MED	62,9	79,0	77,5	75,6	70,3	72,1	69,2	69,2	77,3	80,3	76,7		
9	Grupo Higrométrico		3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4		
10	Precipitação Pluviométrica		264,4	109,2	173,4	37,6	39,6	22,6	0,4	106,2	77,8	211,4	245,4	250,0	1538,0 Anual
11	Direção dos Ventos	DOM													
		SEC													

Tabela 3: Construção do índice de conforto térmico, no método de Mahoney (GH: Grupo Higrotérmico; TMA: Temperatura Média Anual; UR: Umidade Relativa; Tx: Temperatura Média Mensal Máxima; Tn: Temperatura média mensal mínima; AMM: Amplitude Térmica Média Mensal; AMA: Amplitude Térmica Média Anual) Fonte: Dados do INMET, organizados pela autora em planilha eletrônica

Em seguida, analisando cada mês, os dados geraram a determinação nos indicadores de umidade e aridez, três opções para cada um, a partir da classificação da Tabela 4. “Os indicadores são fundamentados nos sintomas detectados em relação à natureza da tensão térmica, algumas características climáticas e a duração destes fenômenos na região analisada” (HARRIS, CHENG e LABAKI, 2000, p. 1135) e são parâmetros que guiam as providências projetivas que podem solucionar os problemas.

1.2 Quadro de Classificação dos Indicadores

IND	ST	GH	AMM	CH
H1	Q _D	4		
	Q _D	2/3	<10°	
H2	C _D	4		
H3				>200
A1		1/2/3	>10°	
A2	Q _N	1/2		
	Q _D /C _N	1/2	>10°	
A3	F _D /F _N			

Legenda:
IND - Indicadores
ST - Stress Térmico
GH - Grupo Higrométrico
AMM Amplitude Média Mensal
CH - Chuva (mm)

Tabela 4: Quadro de classificação dos indicadores de umidade e aridez, no método de Mahoney Fonte: Planilha eletrônica de cálculo para as Tabelas de Mahoney

1.3 Indicadores													
INDICADORES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	S
H1	VENTILAÇÃO é essencial												0
H2	VENTILAÇÃO é desejável		1	1								1	3
H3	Proteger contra a CHUVA	1								1	1	1	4
A1	INERCIA TERMICA												0
A2	Área p/ dormir ao AR LIVRE												0
A3	Problemas na estação FRIA	1			1	1	1	1	1	1	1	1	9

Tabela 5: Indicadores de umidade e aridez, no método de Mahoney
 Fonte: Produzido pela autora em planilha eletrônica.

Na Tabela 5, cada mês recebe uma única classificação com base nos critérios da Tabela 4, sendo o indicador H3 a única exceção (ou seja, um certo mês pode receber a classificação de um dos cinco indicadores e também a de H3, desde que tenha precipitação acima de 200 mm). Os indicadores introduzem algumas proposições que devem ser consideradas para desenvolver o projeto arquitetônico. Em relação à ventilação, a indicação é ter troca de ar mínima, por questões higiênicas e a ocorrência desse indicador é de três meses no ano. Quanto a chuva, é necessário fazer a proteção já que há alto índice pluviométrico, especialmente em quatro meses do ano. Já o desconforto térmico para o frio faz a atenção ser maior em nove meses do ano.

A soma da quantidade de cada indicador é a base para preencher a última tabela do método criado por Mahoney, onde estão as recomendações que proporcionam o conforto da edificação, a partir de nove grupos de estratégias. As orientações técnicas tem por objetivo desenvolver o desenho do edifício de forma a suprir as demandas climáticas para promover o conforto térmico dos usuários, partindo de soluções adequadas referentes à orientação do edifício, à posição e dimensão das aberturas, à circulação do ar, ao espaçamento entre as construções, ao tratamento de piso, paredes e cobertura, à proteção das aberturas e ao cuidado com as consequências das chuvas nos espaços externos (Tabela 6). O conjunto destas tabelas é uma ferramenta que une condicionantes climáticas e estratégias bioclimáticas para arquitetura, com diretrizes fundamentais para um bom projeto.

1.4 Tabela de Recomendações Arquitetônicas

Total de Indicadores					
Úmido			Árido		
H1	H2	H3	A1	A2	A3
0	3	4	0	0	9

1. PLANTA DE SITUAÇÃO

			0 - 10			X	Construções orientadas segundo eixo longitudinal leste-oeste a fim de diminuir a exposição ao sol.
			11 ou 12		5 - 12		Plantas compactas com pátios internos.
					0 - 4		

2. ESPAÇAMENTO ENTRE CONSTRUÇÕES

11 ou 12							Grandes espaçamentos para favorecer a penetração do vento.
2 - 10							Como acima, mas com proteção contra vento quente ou frio.
0 ou 1						X	Distribuição compacta.

3. CIRCULAÇÃO DE AR

3 - 12							Construções com orientação simples, aberturas que permitam circulação de ar permanente.
1 ou 2			0 - 5				
			6 - 12			X	Construções com orientação dupla, circulação de ar cruzada aberturas de ar controláveis.
0	2 - 12						Basta renovação higiênica do ar.
	0 ou 1						

4. DIMENSÕES DAS ABERTURAS

			0 ou 1		0		Grandes: 40% a 80% das fachadas norte e sul.
					1 - 12	X	Médias: 25% a 40% da superfície das paredes.
			2 - 5				
			6 - 10				Intermediárias: 20% a 35% da superfície das paredes.
			11 ou 12		0 - 3		Pequenas: 15% a 25% da superfície das paredes.
					4 - 12		Médias: 25% a 40% da superfície das paredes.

5. POSIÇÃO DAS ABERTURAS

3 - 12							Aberturas nas paredes norte e sul, à altura do corpo humano, do lado exposto ao vento.
1 ou 2			0 - 5				
			6 - 12			X	Como acima, mas também aberturas nas paredes internas.
0	2 - 12						

6. PROTEÇÃO DAS ABERTURAS

					0 - 2		Proteger da insolação direta.
		2 - 12				X	Proteger da chuva.

7. PAREDES E PISOS

			0 - 2			X	Construções leves, baixa inércia térmica.
			3 - 12				Construções maciças, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas.

8. COBERTURA

10 a 12			0 - 2				Leve (pouca inércia), superfície refletora, uso de câmara de ar.
			3 - 12			X	Leve e bem isolada.
0 a 9			0 - 5				
			6 - 12				Maciça, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas.

9. ESPAÇOS EXTERIORES

				1 - 12			Espaço para dormir ao ar livre.
		1 - 12				X	Adequada drenagem para a chuva.
		3 - 12				X	Proteção contra chuvas violentas.

Tabela 6: Recomendações arquitetônicas, no método de Mahoney
 Fonte: Produzido pela autora em planilha eletrônica

Portanto, as estratégias que devem ser adotadas para adequar os edifícios da localidade em questão às suas condições climáticas pedem que as construções estejam orientadas no eixo leste-oeste, para que a incidência solar seja menor e evite o superaquecimento em dias quentes, e que a sua distribuição no espaço urbano seja mais compacta, com espaçamento suficiente para permitir circulação de ar e ventilação cruzada, através da orientação dupla das aberturas que devem ser controláveis, de tamanho médio (entre 25% a 40% do tamanho das paredes) e preferencialmente nas fachadas norte e sul (opostas). A circulação do ar dentro da edificação deve ser favorecida com vãos também nas paredes internas e as aberturas externas têm melhor desempenho quando expostas ao vento e localizadas na altura do corpo humano, com proteção contra chuvas. Quanto à cobertura, às paredes e ao piso, o tratamento deve ser o isolamento e as vedações precisam ser leves e com baixa inércia térmica. Por fim, os espaços externos, devido à alta pluviosidade anual, precisam de boa drenagem e sistemas de proteção contra chuvas fortes.

Como complemento das avaliações dos dois métodos acima descritos, foi usado um *software* específico para analisar os dados de ventos, que também foram extraídos da Estação Automática do INMET, em Oliveira. O WRPLOT cria um gráfico que mostra a velocidade média dos ventos incidentes (Figura 21) e gera uma rosa dos ventos que indica a sua orientação predominante.

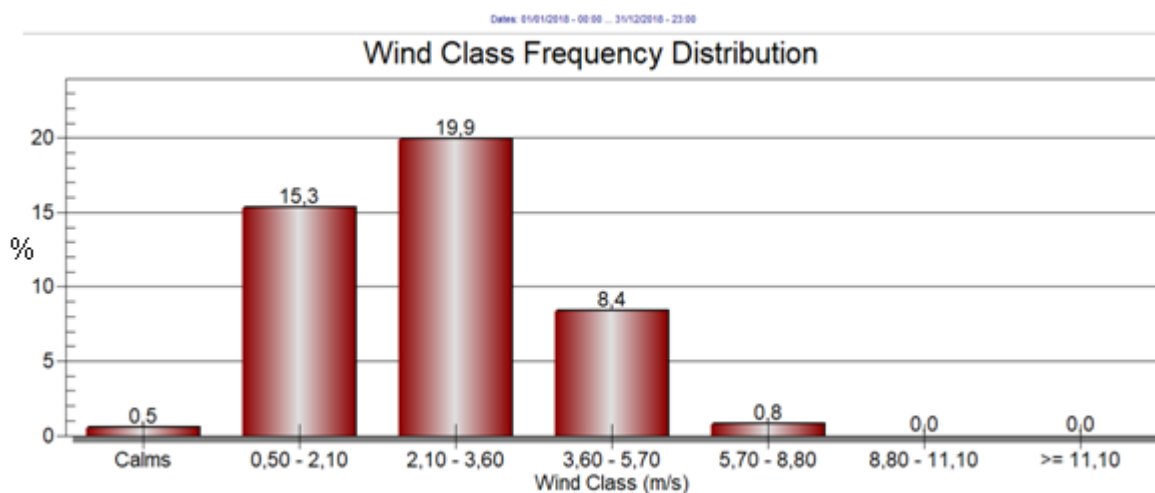


Figura 21: Gráfico da velocidade do vento na Estação Automática A570, do INMET, gerado pelo software WRPLOT

Fonte: produzido pela autora

Com aproximadamente 20%, a velocidade do vento mais frequente está entre 2,10 e 3,60m/s, classificado na Escala Beaufort, de 1806, como brisa leve ou fraca, de grau baixo. Isto significa que o vento é um bom aliado para manter a circulação mínima do ar nas edificações sem causar impactos negativos.

Na rosa dos ventos (Figura 22), é possível notar que a direção predominante dos ventos é sudeste.

Esta informação é interessante para posicionar as janelas de acordo com a incidência do vento em relação à função do ambiente e também para proporcionar a eficiência da ventilação cruzada.

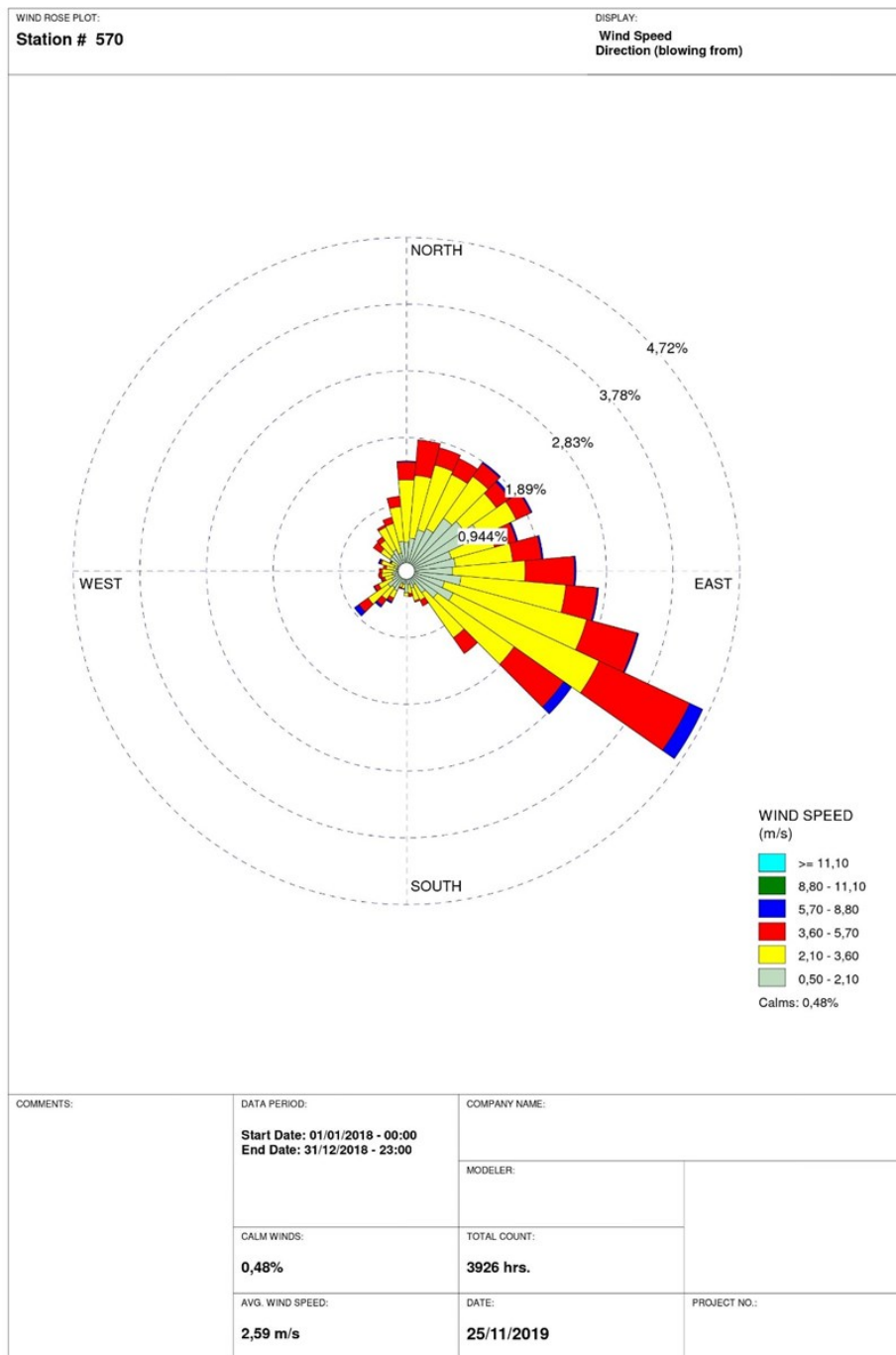


Figura 22: Rosa dos ventos a partir de dados da Estação Automática A570, do INMET, gerado pelo software WRPLOT
Fonte: produzido pela autora

Quando o vento atinge a fachada orientada na direção predominante (sudeste) provoca, nesta elevação, uma pressão positiva e na fachada contrária (noroeste) é gerada a pressão negativa, o que desencadeia numa diferença de pressão, promovendo a ventilação interna. Isto pode ser

utilizado para ajudar a definir a orientação da edificação e desenvolver a distribuição interna dos ambientes da edificação, pois as aberturas em pressão negativa cumprem a função de retirar odores e umidade do espaço, através da movimentação do ar.

Integrando todos os resultados obtidos de cada método, é possível avaliar a aplicabilidade das estratégias seguindo as recomendações das normas técnicas de desempenho. Mesmo que tenha sido analisado apenas um ano de dados climáticos, ainda assim, é possível ter conhecimento de que tipo de comportamento climático a cidade tende a ter. O diagnóstico final, entretanto, pode conter recomendações extremas e talvez pouco condizentes com as condições do clima local, pois um ano específico pode ter características divergentes da média de trinta anos.

O recomendável seria o estudo de dados horários referentes a um período mínimo de 5 anos ou, usando as Normas Climatológicas, o estudo de dados médios referentes a um período de trinta anos.

Há também contradições entre os resultados do Diagrama de Givoni e das Tabelas de Mahoney, principalmente no que diz respeito ao tratamento das vedações externas. Enquanto o primeiro sugere que as paredes precisam ser construídas com materiais com propriedade de inércia térmica, o segundo indica o uso de componentes de características isolantes. Além disso, o DBG enfatiza a importância do sombreamento da edificação, enquanto que o método de Mahoney mostra o desconforto para o frio, principalmente nos dias de inverno, o que poderia ser minimizado com a insolação. Porém, as duas metodologias mostram que o clima da cidade de Cláudio oferece grandes períodos de conforto térmico.

Considerando as divergências acima, o que mais se aplica é inércia térmica para acumular o calor para a noite e a insolação direta destas paredes resolveria o desconforto causado pelas baixas temperaturas nos dias de inverno, o que condiz com a recomendação da NBR 15220-3, a qual orienta o uso de paredes externas pesadas e, conseqüentemente, a utilização da inércia térmica. A norma também indica o sombreamento das aberturas, como o DBG, para proteger da insolação direta, o que não ocorre na orientação das Tabelas de Mahoney que sugerem a proteção, mas contra as chuvas. Em relação à cobertura, tanto a norma quanto as ferramentas de projeto propõem o uso de componentes leves e isolados.

Quanto às recomendações da NBR 15575-4 para o conforto térmico, o que é sugerido refere-se a propriedades dos materiais construtivos que compõem as vedações verticais externas, com números referenciais para transmitância térmica, absorvância e capacidade térmica. Estas propriedades podem ser consideradas para a escolha dos materiais que têm boa inércia térmica,

aumentando seu potencial. Da mesma forma, a NBR15575-5, que trata das coberturas, tem valores de referência para transmitância térmica e absorvância, a fim de proporcionar melhor desempenho do isolamento. A norma também orienta sobre o dimensionamento das aberturas, indicando que as áreas de permanência prolongada devem ter vãos com no mínimo 7% da área do piso, o que pode ser complementado com a recomendação do método de Mahoney, o qual sugere que sejam com tamanho de 25% a 40% da área da parede.

De acordo com a avaliação dos resultados do Diagrama Bioclimático de Givoni, as Tabelas de Mahoney, o *software* WRPLOT e as orientações da NBR 15220-3 e da NBR 15575-4 e 5, o Quadro 1 a seguir descreve quais as proposições projetivas que devem ser consideradas na elaboração das leis municipais de Cláudio que normatizam as edificações:

Implantação
Orientar o edifício no eixo leste-oeste para diminuir a exposição ao sol nestas fachadas e possibilitar espaço no terreno para vegetação.
Afastamentos
Promover o afastamento entre as construções para permitir boa circulação do ar, mas de forma compacta.
Circulação de ar/aberturas
Distribuir as aberturas para que haja a possibilidade de ventilação cruzada, com vãos de ventilação de tamanho médio (entre 25% a 40% das paredes) e ao menos $\geq 7\%$ da área do piso em ambientes de permanência prolongada (salas, quartos e cozinha), com peitoril na altura do corpo humano. As aberturas devem ter elementos que façam proteção contra chuvas e controle de fechamento para o inverno.
Setorização interna
Setorizar os ambientes internos para permitir aberturas internas que auxiliem a ventilação cruzada indireta e utilizar a incidência dos ventos para dispor os ambientes que necessitam ser ventilados com mais atenção, utilizando a pressão positiva e pressão negativa dos ventos.
Envoltória
Paredes: utilizar materiais pesados, com propriedades de inércia térmica, com cores adequadas, considerando os referenciais de transmitância térmica, absorvância e capacidade térmica dispostos na NBR 15575-4.
Coberturas: utilizar materiais leves, com propriedades de isolamento, considerando os referenciais de transmitância e absorvância dispostos na NBR 15575-5.
Entorno
Assegurar níveis de ocupação do terreno e taxa de permeabilidade e sistemas de drenagem para evitar danos causados por chuvas fortes.

Quadro 1: Requisitos de projeto para serem considerados na elaboração das leis
 Fonte: produzido pela autora

O estudo dos dados climáticos é de extrema importância para a elaboração de projetos arquitetônicos alinhados com as demandas do clima local. Assim sendo, a combinação dos diagnósticos, dos dois métodos apresentados, além da rosa dos ventos gerada pelo *software*, adequados as prescrições das normas técnicas brasileiras, pode ser inserida na legislação que rege o controle da atividade edílica, para influenciar o crescimento sustentável da cidade, considerando o conforto térmico e a qualidade do ar nas construções, como será proposto a seguir.

5.2. PROPOSIÇÕES PARA ATUALIZAÇÃO DO CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO MUNICÍPIO DE CLÁUDIO

Sendo o Código de Obras e Edificações o instrumento legal que regula a atuação construtiva da cidade, é nesta ferramenta que serão inseridas as recomendações que possibilitarão a adoção de práticas projetivas e edificantes que objetivam o conforto ambiental nos edifícios. Assim, deve responder às condições climáticas locais e instruir o corpo técnico e os usuários dos imóveis urbanos a construir de forma sustentável a fim de garantir a qualidade ambiental da cidade.

Nesta lei, deve-se conter as normas técnicas relativas a realização de qualquer obra, os processos que autorizam a execução dos projetos arquitetônicos e as respectivas licenças e alvarás, além de regulamentações que permitam a fiscalização dos serviços e aplicação de punições, quando necessárias (BARANDIER, 2013).

Seguindo o guia elaborado por Bahia (2012), o Código é dividido em 11 capítulos, sendo:

- I. DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES
- II. DOS DIREITOS E RESPONSABILIDADES
- III. DA CATEGORIZAÇÃO DAS OBRAS E EDIFICAÇÕES
- IV. DO LICENCIAMENTO
- V. DA EXECUÇÃO E DA SEGURANÇA DAS OBRAS
- VI. DAS CONDIÇÕES RELATIVAS ÀS INTERVENÇÕES NO MEIO URBANO
- VII. DAS CONDIÇÕES RELATIVAS ÀS OBRAS PÚBLICAS MUNICIPAIS
- VIII. DAS CONDIÇÕES RELATIVAS ÀS EDIFICAÇÕES
- IX. DAS DISPOSIÇÕES ESPECÍFICAS ÀS EDIFICAÇÕES
- X. DA FISCALIZAÇÃO E DAS SANÇÕES
- XI. DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Com o intuito de abordar o que é referente às questões projetivas e o que pode orientar a construção e implantação de edificações com conforto ambiental, será feito um recorte somente nas partes que fornecem disposições que podem ser ajustadas às recomendações extraídas da NBR 15220, da NBR 15575, do Diagrama Bioclimático de Givoni, das Tabelas de Mahoney e do *software* WRPLOT, sintetizadas no Quadro 1. Portanto, será detalhado a seguir no Capítulo VIII – Das Condições Relativas às Edificações.

Neste capítulo do Código de Obras, o referido guia sugere que estejam relacionadas as disposições e diretrizes para projeto e execução de obras de acordo com normas nacionais e condutas que possam permitir o direito de construir com redução de impactos negativos no ambiente onde será implantada a edificação. O sumário abaixo mostra quais os tópicos são tratados nesta parte da lei:

CAPÍTULO VIII: DAS CONDIÇÕES RELATIVAS ÀS EDIFICAÇÕES

Seção I: Das disposições gerais

Subseção I: Das diretrizes de projeto e execução

Subseção II: Das exigências de acessibilidade nas edificações

Subseção III: Da assistência técnica municipal

Seção II: Dos passeios e vedações

Seção III: Do terreno e fundações

Seção IV: Das estruturas, paredes e pisos

Seção V: Das coberturas

Seção VI: Das fachadas e elementos projetados em balanço

Seção VII: Dos compartimentos

Seção VIII: Da iluminação e ventilação dos compartimentos

Seção IX: Dos acessos e circulações

Subseção I: Dos vãos de portas e passagens

Subseção II: Das circulações e corredores

Subseção III: Das escadas e rampas

Subseção IV: Dos elevadores e escadas rolantes

Seção X: Das instalações prediais

Subseção I: Das instalações de água e esgoto

Subseção II: Das instalações elétricas

Subseção III: Da impermeabilização, drenagem e águas pluviais

Subseção IV: Das instalações especiais

Seção XI: Dos locais de estacionamento e guarda de veículos

Como se pode notar, a acessibilidade tem grande importância na elaboração da legislação, sendo mencionada nas disposições gerais e tendo uma seção destinada a sua aplicação nos projetos e execução das obras e seus entornos, de acordo com a classificação de uso do edifício, para mensurar o grau de rigor da imposição, seguindo as recomendações da NBR 9050²⁸. O guia também trata sobre as questões referentes a instalações prediais que fazem parte do funcionamento adequado da edificação, baseada em normas técnicas, no INMETRO e requisitos para eficiência energética, no caso das instalações elétricas, segundo o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica) - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). E ainda traz orientações quanto ao tratamento de passeios, obstáculos, fachadas, marquises, estacionamentos e outros elementos construtivos para permitir a utilização dos espaços públicos sem interferências negativas na dinâmica urbana.

Quanto às questões relativas ao conforto ambiental, as orientações são destacadas em partes específicas do capítulo e são apresentadas a seguir como devem ser expressadas na publicação do Código de Obras e Edificações de Cláudio, de acordo com as instruções do Guia técnico PROCEL Edifica: Elaboração e atualização do código de obras e edificações (BAHIA, 2012) e as obtidas pelos métodos e normas estudados anteriormente. Para entendimento, o texto a seguir que estiver em itálico foi retirado integralmente do Guia técnico e o restante são acréscimos de acordo com as especificidades do estudo de caso.

Seção I

Das Disposições Gerais

(...)

Subseção I

Das Diretrizes de Projeto e Execução

²⁸ ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2004.000

“Art. 74. Os projetos de construção ou reforma, além de atenderem aos parâmetros de habitabilidade estabelecidos neste Código, devem ser orientados para a promoção da sustentabilidade e eficiência energética da edificação, com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e os impactos ambientais gerados pela construção e pela sua utilização ao longo do tempo, racionalizando o uso da energia, da água e dos materiais nela empregados, a partir das seguintes diretrizes:

- I. Racionalidade do projeto e do planejamento do processo de execução das obras;*
- II. Gestão sustentável das obras e das práticas de construção, de forma a evitar o desperdício de materiais;*
- III. Uso de materiais de construção e acabamentos sustentáveis, considerando a adoção de materiais originários da região, produzidos de forma sustentável e legalizada, de materiais reaproveitados ou de demolição e de materiais certificados ou de comprovada responsabilidade ambiental do fabricante;*
- IV. Ativação do uso de edificações de valor cultural, histórico ou arquitetônico, maximizando as condições de preservação do bem imóvel na interação com as premissas de conforto ambiental, eficiência energética e acessibilidade;”*
- V. Aplicação das estratégias para projetos arquitetônicos de acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro da NBR 15220-3, com a recomendações do Diagrama de Givoni e as Tabelas de Mahoney, seguindo as premissas projetivas abaixo:
 - a) Implantação: orientar preferencialmente o edifício no eixo leste-oeste para diminuir a exposição ao sol e possibilitar áreas livres para plantio de vegetação de porte arbóreo e/ou arbustivo;
 - b) Afastamentos: permitir boa circulação do ar entre as construções com afastamentos mínimos de 1,50m das linhas de divisa do lote, considerados em relação à projeção horizontal da edificação, incluindo os beirais;
 - c) Aberturas: promover a ventilação cruzada através de aberturas de tamanho médio e com proteção contra chuvas e ventos do inverno;
 - d) Setorização interna: observar a incidência predominante dos ventos para auxiliar a distribuição dos ambientes internos, de modo que as áreas molhadas sejam posicionadas nas fachadas em pressão negativa para a exaustão de odores e umidade;
 - e) Envoltória: utilizar materiais com propriedades de inércia térmica média nas paredes e materiais isolantes na cobertura;
 - f) Entorno: permitir áreas permeáveis para drenagem de águas pluviais.

- VI. *“Aproveitamento das características climáticas locais para a promoção do conforto ambiental da edificação, a partir da consideração dos seguintes fatores principais:*
- a) Qualidade do ar;*
 - b) Conforto higrotérmico;*
 - a) Conforto luminoso (ou lumínico);*
 - b) Conforto acústico.*
- VII. *Adoção de especificações de projeto com o objetivo de potencializar as características climáticas locais benéficas e/ou remediar as de maior rigor ao longo das diferentes estações do ano, em benefício do desempenho térmico e da ventilação e iluminação naturais da edificação, como cobogós e demais elementos vazados, muxarabie e brise-soleil, varandas e alpendres, marquises e beirais, espelhos d’água e tetos-jardim, peitoris ventilados, sheds e lanternins, domus e claraboias, pátios e jardins internos, entre outros;*
- VIII. *Planejamento paisagístico como elemento contribuinte para o conforto ambiental da edificação, pelo estabelecimento de barreiras ou direcionamento dos ventos dominantes, criação de áreas de sombra no verão ou passagem dos raios solares no inverno, criação de microclimas e umidificação, drenagem do solo e fixação de encostas, conforto acústico e filtragem de ruídos; filtragem do ar e de poluentes, entre outros;*
- IX. *Adoção de materiais construtivos que melhorem o desempenho térmico da edificação, com base nas orientações e tabelas da NBR 15220-3, e especificação de equipamentos, mecanismos e instalações que favoreçam a economia de energia elétrica e a redução do consumo de água tratada, a saber:*
- a) Instalação de pisos drenantes em áreas externas a serem impermeabilizadas, calhas e reservatórios para recolhimento das águas pluviais de coberturas e áreas impermeabilizadas para uso não potável;*
 - b) Coberturas com isolamento térmico adequado, tetos-jardim ou coberturas reflexivas de cores claras;*
 - c) Sistema de coleta e armazenamento das águas pluviais com distribuição para limpeza de áreas externas e irrigação de jardins;*
 - d) Sistema de tratamento para reutilização de águas servidas em descargas de bacias sanitárias;*

- e) *Dimensionamento dos circuitos elétricos e das instalações hidráulicas de modo a evitar o desperdício em sua operação;*
- f) *Emprego de equipamentos e mecanismos para gestão eficiente da água, energia elétrica e condicionamento de ar;*
- g) *Implantação de equipamentos e sistemas de aquecimento de água com energia solar ou de produção de energia elétrica (fotovoltaica ou outra);*
- h) *Emprego de materiais acústicos isolantes e absorventes.”*

(...)

Seção IV

Das Estruturas, Paredes e Pisos

“Art. 95. Os elementos estruturais, paredes divisórias e pisos deverão atender às normas técnicas brasileiras e garantir:

- I. Resistência ao fogo;*
- II. Impermeabilidade;*
- III. Estabilidade da construção;*
- IV. Eficiente desempenho acústico, térmico e de iluminação das unidades;*
- V. Condições de acessibilidade e segurança.”*

§1º. Além das disposições estabelecidas no *caput* deste artigo, as paredes externas, que constituem o invólucro da edificação, conforme a classificação bioclimática da zona 4 da NBR 15220-3 e as recomendações da NBR 15575-4, deverão ser constituídas por materiais inertes com as seguintes propriedades:

- a) Transmitância térmica $\leq 3,7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ (observar anexo D da NBR 15220-3).
- b) Absortância $\leq 0,6$ (de acordo com a cor).
- c) Capacidade térmica $\geq 130\text{kJ}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ (observar anexo D da NBR 15220-3).

§2º. *As paredes assentadas em contato direto com o solo deverão ser devidamente impermeabilizadas.*

Art. 96. *As instalações sanitárias, cozinhas e demais áreas molhadas internas ou externas da edificação deverão conter:*

- I. Piso de material resistente, impermeável, antiderrapante e de fácil manutenção;*

II. *Paredes de material resistente, liso, impermeável e de fácil manutenção até a altura mínima de 2m (dois metros).*

Art. 97. Os compartimentos de edificações onde houver manipulação ou armazenagem de produtos químicos, alimentos ou material perecível submetem-se a legislação sanitária e ambiental aplicável, devendo conter piso e paredes revestidos de material resistente, incombustível, impermeável e de fácil manutenção.

Art. 98. As edificações destinadas a atividades potencialmente causadoras de ruídos ou a eles expostas deverão dar solução de tratamento acústico aos ambientes geradores ou afetados, por intermédio do planejamento da localização no lote, das barreiras e dos fechamentos, dos vãos e das aberturas, além da adoção de materiais construtivos e de revestimentos com propriedades absorventes e/ou isolantes, de forma a assegurar o conforto acústico interno e dos vizinhos.”

Seção V

Das Coberturas

“Art. 99. As coberturas serão confeccionadas em material impermeável, incombustível e resistente à ação dos agentes atmosféricos, não devendo representar fonte significativa de ruído para as edificações.”

Parágrafo único. Além das disposições estabelecidas no *caput* deste artigo, a cobertura, conforme a classificação bioclimática da zona 4 da NBR 15220-3 e as recomendações da NBR 15575-4, deverá ser constituída por materiais isolantes com as seguintes propriedades:

- a) Transmitância térmica $\leq 2,3\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ se absorvância $\leq 0,6$; (observar anexo D da NBR 15220-3).
- b) Transmitância térmica $\leq 1,5\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ se absorvância $\geq 0,6$ (observar anexo D da NBR 15220-3).

“Art. 100. As coberturas de ambientes com previsão de condicionamento artificial do ar devem prover condições favoráveis de desempenho quanto a transmitância térmica e absorvância a radiação solar.

Art. 101. As coberturas deverão manter independência de outras edificações vizinhas e serem interrompidas nas linhas de divisa.

Parágrafo único. As estruturas das coberturas de edificações seriadas ou geminadas deverão manter independência em cada unidade autônoma, garantindo a total separação.”

(...)

Seção VIII

Da Iluminação e Ventilação dos Compartimentos

“Art. 116. As edificações deverão possuir aberturas para iluminação e ventilação naturais dos compartimentos, considerando sua utilização e permanência, bem como as premissas de conforto térmico e acústico, obedecidas normas específicas, além de exigências e ressalvas deste Código.

Parágrafo único. É vedada a abertura de vãos em paredes construídas sobre as divisas do lote ou a menos de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros) de distância das mesmas, salvo no caso de fachada construída sobre a testada do lote, conforme previsto nas normas de uso e ocupação do solo urbano.”

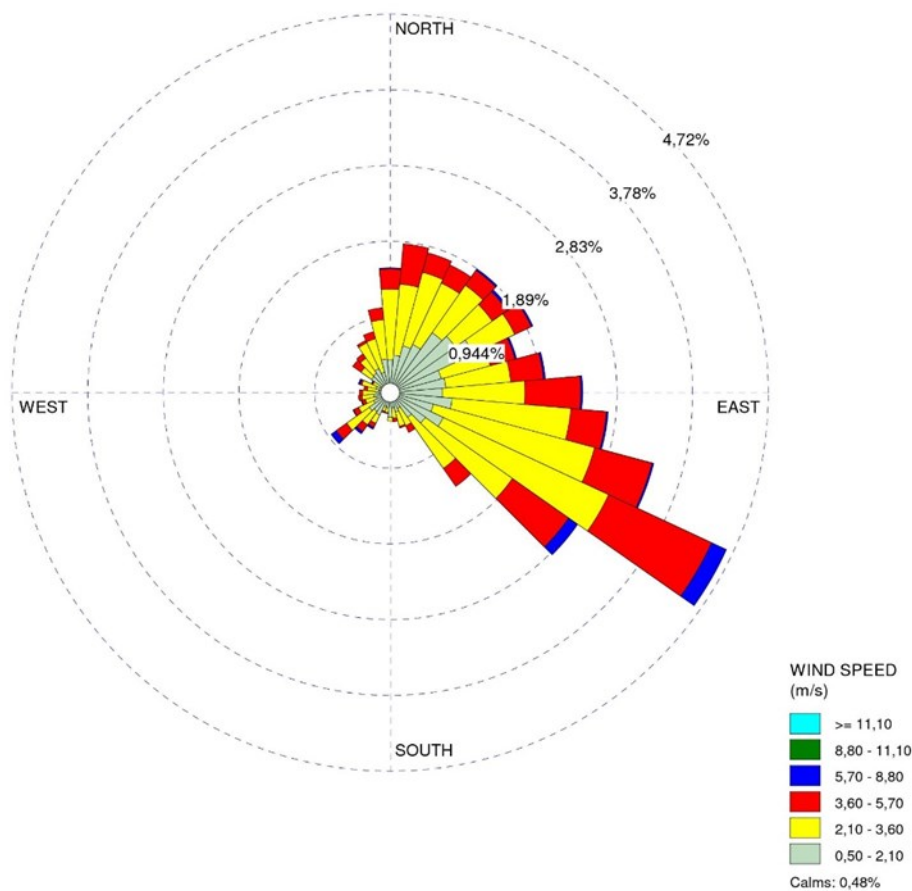
Art. 117. Compartimentos de permanência prolongada deverão conter vão para ventilação e iluminação naturais com dimensões médias entre 25% a 40% do tamanho da parede e/ou ao menos $\geq 7\%$ da área do piso, com peitoril na altura do corpo humano, e compartimentos de permanência transitória, na proporção mínima de 1/8 (um oitavo) da área do piso.

“§1º. Áreas destinadas a garagem de veículos atenderão a proporção mínima de 1/20 (um vinte avos) da área do piso para o dimensionamento do vão de iluminação e ventilação naturais.

§2º. As dimensões estabelecidas no caput deste artigo consideram os vãos úteis para ventilação e iluminação naturais livres de qualquer obstrução que comprometa a função a que se destinam, excetuando-se os caixilhos.”

Art. 118. Os compartimentos deverão ser ventilados e/ou iluminados de maneira que atendam as seguintes disposições:

- I. Permitirem a ventilação cruzada no interior da edificação pela abertura de vãos em fachadas diferentes, desconsideradas as portas de acesso social e de serviço, e sempre que possível com aberturas também nas paredes internas, observando a predominância dos ventos, pela Rosa dos Ventos abaixo, para orientar a disposição dos vãos.



- II. *“Nas edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares, os compartimentos de permanência prolongada e os banheiros (exceto lavabos) deverão dispor de vãos para iluminação e ventilação naturais voltados para o exterior da construção, nas condições estabelecidas a seguir:*
 - a) *Admite-se iluminação e ventilação do compartimento por intermédio de varandas, terraços e alpendres abertos e cujas coberturas não ultrapassem 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) de profundidade, até o limite com a parede do compartimento a ventilar e iluminar;*

- b) *Quando o compartimento dispuser de abertura única de iluminação voltada diretamente para o exterior, a profundidade do compartimento não poderá exceder 2,5 (duas e meia) vezes a altura medida do piso ao topo da abertura;*
- c) *Quando o compartimento dispuser de abertura única de iluminação voltada para varandas, terraços e alpendres, a profundidade do compartimento não poderá exceder 2,5 (duas e meia) vezes a altura medida do piso ao topo da abertura, contada a partir da borda da projeção da parte coberta para a qual se volta a abertura.*
- d) *A profundidade do compartimento destinado a cozinha não poderá exceder 2,5 (duas e meia) vezes a altura medida do piso ao topo da abertura de ventilação e iluminação, descontada a altura da bancada da pia, considerada entre 0,85m (oitenta e cinco centímetros) e 0,90m (noventa centímetros);*
- e) *Admite-se a ventilação e iluminação de cozinhas e banheiros por intermédio de aberturas para a área de serviço, desde que o vão desta área voltado para o exterior da edificação seja dimensionado na proporção do somatório das áreas de piso dos compartimentos a ventilar e iluminar;*
- f) *A iluminação e/ou ventilação de compartimentos por intermédio de prismas atenderá as disposições desta lei.*

III. Nas edificações não residenciais, banheiros e copas poderão ser ventilados ou iluminados de maneira indireta, por meio de prismas ou outros mecanismos previstos em legislação.

Art. 119. *Admite-se a ventilação de, no máximo, 2 (dois) compartimentos de permanência transitória contíguos, por uma única abertura, desde que dimensionada segundo o somatório das áreas de piso dos compartimentos.*

Art. 120. *Circulações horizontais com extensão superior a 20m (vinte metros) deverão dispor de abertura para o exterior, de acordo com as disposições relativas aos compartimentos de permanência transitória.*

Art. 121. *É permitida a ventilação indireta por meio de dutos ou induzida mecanicamente para os compartimentos de permanência transitória, desde que atendidas as seguintes condições:*

- I. *Através de dutos de exaustão horizontal, com seção de área mínima igual a 25cm² (vinte e cinco centímetros quadrados), por cada 10m² (dez metros quadrados) ou fração de área construída, dimensões não inferiores a 0,25cm (vinte e cinco centímetros) e comprimento máximo de 5m (cinco metros) até o exterior, se composto de uma única saída de ar, ou de 15m (quinze metros), caso disponha de aberturas para o exterior nas duas extremidades do duto;*
- II. *Através de meios mecânicos dimensionados de acordo com as normas técnicas brasileiras;*
- III. *Através de duto de exaustão vertical, com seção de área mínima igual a 6% (seis por cento) da altura total do duto e dimensões não inferiores a 0,60m (sessenta centímetros), devendo dispor de:*
 - a) *Tomada de ar na base, aberta diretamente para o exterior; ou*
 - b) *Tomada de ar na base, aberta indiretamente para duto horizontal, com seção mínima igual a metade da seção do duto vertical e saída de ar superior situada a 1m (um metro) acima da cobertura, no mínimo, e com aberturas em lados opostos de área iguais as da seção do duto ou maiores.*

§1º. *A adoção de meios mecânicos para ventilação deverá ser dimensionada de forma a garantir a renovação do ar do compartimento ventilado mecanicamente, de acordo com as normas técnicas brasileiras.*

§2º. *As instalações geradoras de gases, vapores e partículas em suspensão deverão ter sistema de exaustão mecânica, sem prejuízo de outras normas legais pertinentes a higiene e segurança do trabalho.*

Art. 122. *Em compartimentos destinados a atividades especiais, que pela sua natureza não possam dispor de aberturas para o exterior, são admitidas iluminação e ventilação por meios artificiais, dimensionadas segundo as normas técnicas brasileiras e aprovadas pelo órgão competente para posterior licenciamento da Prefeitura.*

Parágrafo único. *A depender da natureza da atividade desenvolvida no compartimento, sempre que possível deve-se prover a renovação do ar interno, com adequada tomada de ar externo, observando a predominância dos ventos, de acordo com a Rosa do Ventos, disposta acima.*

Art. 123. *São condições gerais que os prismas utilizados como meio de ventilação e iluminação de compartimentos devem conter:*

- I. *Parte inferior aberta e comunicante com compartimento dotado de abertura de vão de ventilação voltado para os afastamentos da edificação, exceto garagens, de forma a possibilitar a renovação do ar em seu interior pelo acionamento do efeito chaminé;*
- II. *Parte superior aberta e desimpedida de qualquer vedação opaca que impeça a iluminação natural ou as condições de ventilação permanente, admitida proteção das chuvas por meio de domos com respiração ou outra solução com material incolor e transparente, mantidos os índices de trocas de ar adequado e de iluminação natural dos compartimentos para ele voltados;*
- IV. *Revestimento em cores claras e, quando coberto na parte superior, com características antirreverberantes, de forma a assegurar o conforto acústico dos compartimentos atendidos pelo prisma, desde que mantida a condição do inciso II;*
- V. *Faces verticais e seções horizontais mantidas em toda a extensão de sua altura, admitindo-se o escalonamento e afastamento progressivo a cada pavimento no sentido do crescimento da área de abertura em sua parte superior.*

Art. 124. *A utilização de prismas de ventilação e iluminação nas edificações deverá atender aos seguintes critérios e parâmetros para o seu dimensionamento:*

- I. *Edificações com até 3 (três) pavimentos e 9m (nove metros) de altura, excetuados elementos da cobertura, circunscrição de um círculo tangente a todas as suas faces com, no mínimo:*
 - a) *3m (três metros) de diâmetro, quando utilizado para ventilar e iluminar compartimentos de permanência prolongada, permitida a superposição com os afastamentos da edificação;*
 - b) *2m (dois metros) de diâmetro, quando utilizado para ventilar e iluminar compartimentos de permanência transitória, permitida a superposição com os afastamentos da edificação.*

II. *Edificações com 4 (quatro) pavimentos e até 12m (doze metros) de altura, excetuados elementos da cobertura, circunscrição de um círculo tangente a todas as suas faces com, no mínimo:*

- a) *4,50m (quatro metros e cinquenta centímetros) de diâmetro, quando utilizado para ventilar e iluminar compartimentos de permanência prolongada, permitida a superposição com os afastamentos da edificação;*
- b) *2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) de diâmetro, quando utilizado para ventilar e iluminar compartimentos de permanência transitória, permitida a superposição com os afastamentos da edificação.*

III. *Edificações com 5 (cinco) ou mais pavimentos e com mais de 12m (doze metros) de altura terão as dimensões do prisma de ventilação e iluminação calculadas segundo os seguintes parâmetros e formulas, onde (L) corresponde a largura; (D) corresponde ao diâmetro; e (N - 2) corresponde ao somatório do número de pavimentos da edificação subtraído de dois.*

- a) *Quando utilizado para ventilar e iluminar compartimentos de permanência prolongada, exceto copas, cozinhas e áreas de serviço, sendo 1 (uma) de suas faces aberta, terá largura mínima (L) nesta face calculada pela formula:*

$$[L = 1,90m \times (N - 2)]$$

- b) *Quando utilizado para ventilar e iluminar compartimentos de permanência transitória, copas, cozinhas e áreas de serviço, sendo 1 (uma) de suas faces aberta, terá largura mínima (L) nesta face calculada pela formula: $[L = 1,70m \times (N - 2)]$;*
- c) *Quando utilizado para ventilar e iluminar compartimentos de permanência prolongada, exceto copas, cozinhas e áreas de serviço, sendo fechado por suas faces, deverá permitir ao nível de cada piso a inscrição de um círculo cujo diâmetro (D) mínimo e calculado pela formula: $[D = 2,50m \times (N - 2)]$;*
- d) *Quando utilizado para ventilar e iluminar compartimentos de permanência transitória, copas, cozinhas e áreas de serviço, sendo fechado por suas faces, deverá permitir ao nível de cada piso a inscrição de um círculo cujo diâmetro (D) mínimo e calculado pela formula: $[D = 2,30m \times (N - 2)]$.*

Parágrafo único. *Os parâmetros de dimensionamento de prismas previstos nesta Seção poderão ser revistos, desde que apresentados estudos específicos de ventilação e iluminação naturais para o projeto da edificação, por responsável técnico habilitado, que comprove e atenda condições de*

eficiência, conforme determinado em norma técnica brasileira, com os novos parâmetros propostos pelo interessado.”

(...)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muito se fala sobre a eficiência energética nas edificações, mas pouco são apresentados estudos que priorizam o conforto ambiental nas construções. Esta é uma questão que pode estar associada ao fato de o desenvolvimento sustentável ter uma ligação mais direta com os pressupostos econômicos, motivo de preocupação mundial. Ainda assim, é possível extrair análises e discussões da literatura relativa que também são pertinentes a aplicação de conceitos e estratégias para a bioclimatologia na arquitetura.

Como parte dos planos estratégicos, estão as leis de controle da atividade edilícia que podem auxiliar na promoção de ambientes construídos urbanos mais confortáveis para as atividades humanas e com qualidade construtiva, adaptando os edifícios ao cenário climático local. Para melhorar a apresentação dos códigos de obras, é importante que a sua elaboração seja feita de acordo com as normativas nacionais e internacionais sobre o assunto e, no caso do Brasil, as Normas Técnicas Brasileiras da ABNT cumprem o papel de orientar quais estratégias devem ser adotadas. Porém, apesar do caráter obrigatório da NBR 15575, esta norma é pouco utilizada para complementar as proposições da legislação.

Neste contexto, para que a lei perca a generalidade e esteja em conformidade com as recomendações da norma, foi feito um estudo no qual foram levantados dados climáticos relevantes para uma análise das condicionantes locais do estudo de caso, a cidade de Cláudio/MG, que podem ser trabalhadas para adquirir o bom desempenho das edificações. Estes dados formam inseridos em ferramentas que geram estratégias de projeto arquitetônico de acordo com as condições do clima. Comparando os resultados do Diagrama Bioclimático de Givoni e as Tabelas de Mahoney, foi observada uma divergência em relação ao tratamento das paredes externas, sendo que o primeiro sugere que seja utilizada a inércia térmica e o segundo recomenda o uso de materiais leves.

Para resolver a incompatibilidade, foram levadas em consideração as recomendações da NBR 15220-3, segundo a classificação da zona bioclimática na qual está inserida a cidade, prevalecendo,

então, a estratégia de projeto indicada pelo Diagrama de Givoni. Além disso, na etapa do método de Mahoney em que mostra o desconforto térmico de acordo com as médias de temperatura, os meses que aparecem em *stress* para o frio nos dias típicos estão com os valores bem próximos ao limite estabelecido, demonstrando uma condição próxima ao conforto. Quanto às outras orientações, os dois métodos têm estratégias complementares que podem ser usadas em conjunto e de acordo com as normas técnicas.

É interessante a adoção de dois ou mais métodos diferentes para comprovar a aplicabilidade das recomendações, comparando os diagnósticos e, se possível, experienciando a vivência local para avaliar quais são mais adequadas ao contexto. Neste caso, o foco destas metodologias é o desempenho térmico das edificações e não consideram os aspectos luminosos e acústicos que fazem parte do conforto ambiental. Contudo, é possível utilizar algumas estratégias que aparecem nas normas técnicas que podem ser aplicadas à especificação dos detalhes do projeto.

A abordagem do desempenho acústico e do luminoso das edificações na publicação do código de obras é mais complexa, já que não são as condicionantes climáticas que potencializam a qualidade luminosa ou acústica do espaço interno. Neste sentido, o capítulo do guia utilizado como referência não apresenta tópicos específicos sobre estes dois aspectos do conforto ambiental. Entretanto, este assunto pode ser inserido a partir de estudo específico, como foi feito com o conforto térmico, com conhecimento da norma técnica respectiva, para adequação dos quesitos normativos que devem ser mencionados no código.

É notória a necessidade de revisão da legislação com mais cuidado em relação às especificidades do clima buscando maior qualidade para o espaço construído. Isto é possível por meio de estudo das tendências no contexto mundial e das providências apresentadas pelos órgãos nacionais que observam a conveniência da sustentabilidade no desenvolvimento urbano. Além disso, existem métodos de elaboração de projeto arquitetônico que podem auxiliar no processo e mostrar com clareza os requisitos que devem ser atendidos. Assim, alcança-se maior consciência sobre a conexão entre a forma de ocupação e o ambiente ao redor, no desenvolvimento da cidade e na consideração do bem-estar das pessoas.

REFERÊNCIAS

AL HERR, Yousef *et al.* Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2016.

ASEAN Centre of Energy (ACE). **Mapping of Green Building Codes and Building Energy Efficiency in ASEAN: Towards Guidelines on ASEAN Green Building Codes**. Jakarta, 2018.

ASSIS, Eleonora Sad de. Método integrado de análise climática para arquitetura aplicado à cidade de Belo Horizonte, MG. **IV Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**, São Pedro, p. 2-8, 2001.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15220-1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15220-3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575-1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-5: Requisitos para sistemas de cobertura**. Rio de Janeiro, 2013.

BAHIA, Sérgio Rodrigues. **Guia técnico PROCEL Edifica: Elaboração e atualização do código de obras e edificações**. 2. ed. rev. e atual. por Ricardo Moraes. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, ELETROBRAS/PROCEL, 2012.

BARANDIER, Henrique *et al.* **Planejamento e controle ambiental-urbano e a eficiência energética**. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, ELETROBRAS/PROCEL, 2013.

BARBIRATO, Gianna M. *et al.* Diretrizes bioclimáticas para o planejamento urbano a partir da aplicação de metodologias de análise do clima local. **4º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Anais do PLURIS**, n. 40, p. 75-86, 2011.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001: **Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.** Brasília: Congresso Nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm> Acesso em: 10 de set. de 2018.

_____. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002: **Institui o Código Civil.** Brasília: Congresso Nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110406.htm> Acesso em: 10 de ago. de 2018.

BRITTO, José F. B. Considerações sobre psicrometria. **Revista SBCC**, v. 45, p. 35-41, 2010.

BOGO, Amilcar *et al.* Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o Conforto Térmico. **Relatório Interno -02/94.** Florianópolis, 1994.

CAVALCANTI, Iracema F. A. *et al.* [organizadores]. **Tempo e clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CLÁUDIO, Prefeitura Municipal (PMC). **A nossa cidade.** Disponível em: <<https://www.claudio.mg.gov.br/portal/cidade/12/Cidade>> Acesso em: 12 de fev. de 2020.

_____. Lei nº 887, de 28 de dezembro de 1999: **Código de Obras.** Disponível em: <https://www.claudio.mg.gov.br/publicos/33_codigo_de_obras_alterado_para_publicacao.pdf> Acesso em: 12 de fev. de 2020.

_____. Lei nº 923, de 29 de dezembro de 2000: **Lei de Uso e Ocupação do Solo.** Disponível em: <<https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro5880/documento%201.pdf>> Acesso em: 12 de fev. de 2020.

_____. Lei complementar nº 102, de 14 de junho de 2017: **Plano Diretor.** Disponível em: <https://www.claudio.mg.gov.br/publicos/17_lei_complementar_n%C2%BA__102_plano_diretor.pdf> Acesso em: 12 de fev. de 2020.

EISENBERG, David. Sustainability and the Building Codes. **The Last Straw: The Grassroots Journal of Straw Bale and Natural Building**, Lincoln, n. 24, 1999[?].

EMPRESA de Pesquisa Energética (EPE). **Consumo de Energia no Brasil: Análises Setoriais**, Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, v. 116, 2014.

FERNANDES, Leandro C. Esboço de um novo diagrama de análise climática para modelos de conforto adaptativos. **XV Encontro Nacional e XI Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**, João Pessoa, p. 1854-1863, 2019.

FERREIRA, Camila *et. al.* Estudo do clima brasileiro: reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 15, 2014.

FREITAS, Ygor; LORENZO, Raydel. Análise de desempenho térmico de edificações: um estudo de caso na cidade de Palmas – TO. **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 03, n. 02, p. 14-25, 2016.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GIVONI, Baruch. Confort, Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy & Buildings**, v.18, n. 1, p.11-23, 1992.

GOMES, João Eduardo Veloso. **Avaliação do desempenho de edifícios segundo a norma NBR 15575: adaptação ao caso de edifício reabilitado**. 2015. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Porto, Porto, 2015.

GOMES, Patrícia Silva; LAMBERTS, Roberto. O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros, MG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 73-91, jan./mar. 2009.

GONÇALVES, Willi de B.; VALLE, Ramón M.; GARCIA, Emerson S. Estudo de índices de conforto térmico para aplicação em Belo Horizonte-MG, com base em pesquisa de população universitária. **ENCAC 2001 -VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e III Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído**, São Pedro, p. 1-8, 2001.

HARRIS, Ana Lúcia N. de C.; CHENG, Liang-Yee; LABAKI, Lucila Chebel. Remodelagem dos grupos climáticos dos "Quadros de Mahoney" utilizando a teoria dos Sistemas Nebulosos. **Seminário Internacional NUTAU – Tecnologia e Desenvolvimento**, São Paulo, p. 1132-1141, 2000.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Brasil em Síntese**: Cláudio, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/claudio/panorama>> Acesso em: 12 de fev. de 2020.

_____. **Cidades e Estados**: Cláudio, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/claudio.html>> Acesso em: 07 de jul. de 2020.

_____. **Clima**: mapas. 2002. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15817-clima.html?=&t=downloads>> Acesso em: 03 de fev. de 2020.

INTERNATIONAL Code Council (ICC). **International Green Construction Code**, c2020. Disponível em: < <https://www.iccsafe.org/products-and-services/i-codes/2018-i-codes/igcc/>> Acesso em: 27 de fev. de 2020.

KHAN, Aleisha. **Green Building Code Infrastructure Guide**. APEC Sub-Committee on Standards and Conformance. 2015.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

MENDONÇA, Roxane Sidney Resende de; ASSIS, Eleonora Sad de. Conforto térmico urbano: estudo de caso do bairro Floresta de Belo Horizonte, MG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 45-63, jul./set. 2003.

MIYAMOTO, Mirian Tatiyama. **A influência das configurações urbanas na formação de microclimas**: estudo de casos no município de Vitória-ES. 2011. 149f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

NIMER, E. Um modelo metodológico de classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro: IBGE, ano 41, n. 4, p. 59-89, out./dez. 1979. Disponível em: <<https://7a12.ibge.gov.br/images/7a12/mapas/Brasil/clima.pdf>> Acesso em: 12 de fev. de 2020.

RIBAS, Angela; SCHMID, Aloisio; RONCONI, Eleusis. Topofilia, conforto ambiental e o ruído urbano como risco ambiental: a percepção de moradores dos Setores Espaciais Estruturais da cidade de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 21, p. 183-199, jan./jun. 2010.

RIO DE JANEIRO, Prefeitura Municipal (PMRJ). **Instrumentos do Plano Diretor**. Cartilha. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Urbanismo, 2013. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/documents/91237/ddbd40f5-fa89-40ff-b7e3-c2a9339f578d>> Acesso em: 10 de set. de 2018.

ROLNIK, Raquel. **O que é cidade**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

SCHMID, Aloísio Leoni. Tradução comentada do clássico artigo que lança a ideia do diagrama bioclimático do edifício. **XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**, Campinas, p. 1-13, 2015.

SILVA, Emerson Malvino da. **A cidade e o clima: impactos das precipitações concentradas e as tendências climáticas em Uberlândia-MG**. 2013. 349f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

TESSARI, Rachel Krul. **Avaliação Bioclimática de Residências Históricas em Curitiba**. 2014. 77f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

VAUGHAN, Ellen; TURNER, Jim. The Value and Impact of Building Codes. **Environmental and Energy Study Institute White Paper**, p. 1-25, 2013.