



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

NORMA DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES ABNT 15.220 PARTE 3: ANÁLISE CRÍTICA E POSSIBILIDADES DE AVANÇO

Daniel Boscoli (1); Leticia de Oliveira Neves (2)

(1) Arquiteto, Aluno Especial de Mestrado do Programa Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, d230129@dac.unicamp.br

(2) Professora Doutora do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, leticia@fec.unicamp.br, Universidade Estadual de Campinas, Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária, Campinas, SP, CEP 13083-889, tel. (19) 3521-2384

RESUMO

A ABNT NBR 15220-03:2005 define as zonas bioclimáticas brasileiras e apresenta estratégias de projeto para habitações unifamiliares de interesse social. Entretanto, a norma brasileira tem sido amplamente discutida por pesquisadores, que alegam imprecisão em sua caracterização climática. Por ser a única classificação propositora de estratégias construtivas e projetuais no Brasil, passou a ser aplicada em outras tipologias de edificações, sendo adotada também como base para outras normas e regulamentos técnicos, o que torna mais evidente a necessidade de revisão e de expansão para um maior universo de análise. Para tanto, este trabalho traz uma revisão de literatura e uma análise crítica que abrangem o zoneamento climático brasileiro desde suas origens históricas até o formato que hoje se apresenta na ABNT NBR 15220-03:2005. Traz também uma revisão sobre os métodos de zoneamento mais aplicados em nível mundial, bem como uma análise crítica e comparativa de propostas de revisão da presente norma, levando-as também para o contexto internacional de métodos mais aplicados. A revisão aqui apresentada seguiu métodos de Mapeamento Sistemático de Literatura, que selecionou 28 publicações científicas aderentes ao tema, a partir dos quais foi possível identificar lacunas de conhecimento e possibilidades de pesquisa capazes de colocar à prova métodos já desenvolvidos e gerar avanços à temática em questão.

Palavras-chave: zoneamento bioclimático, ABNT NBR 15220-03, desempenho térmico, estratégias construtivas.

ABSTRACT

ABNT 15220-03: 2005 standard defines Brazilian bioclimatic zones and presents design strategies for single family low income housing. However, the Brazilian standard have been widely discussed by researchers, who claim climatic characterization imprecision. Since it is the only classification that proposes construction and design strategies in Brazil, it has been applied to other types of buildings, and is used as a basis for other technical standards and regulations, which makes more evident the necessity of revision and expansion for a larger universe of analysis. Therefore, this paper brings a literature review in order to present a critical analysis that covers Brazilian climatic zoning from its historical origins to the present standard. This paper also provides a review of the most commonly applied zoning methods worldwide, as well as a critical and comparative analysis of proposed revisions on this standard, also leading to the international scenario of the most applied methods. This review was performed according to Systematic Literature Mapping method, which selected 28 scientific publications, from which it was possible to identify knowledge gaps and research possibilities capable of testing developed methods and generate advances.

Keywords: bioclimatic zoning, ABNT NBR 15220-03, thermal performance, building strategies.

1. INTRODUÇÃO

A ABNT NBR 15220-03:2005 define as zonas bioclimáticas brasileiras e elabora estratégias de projeto direcionadas à construção de habitações unifamiliares de interesse social de até três pavimentos. A norma brasileira tem sido amplamente discutida e constantemente colocada à prova por pesquisadores que alegam imprecisão em sua caracterização climática. Por ser a única classificação propositora de estratégias construtivas, passou a ser utilizada em outras tipologias de edificações, o que torna mais evidente a necessidade não apenas de revisão do documento, mas também de sua expansão para um maior universo de análise. Para tanto, apresenta-se aqui o histórico do zoneamento bioclimático brasileiro e da implantação da norma (Figura 1), o cenário mundial de métodos de zoneamento bioclimático mais aplicados e uma análise crítica da norma e das propostas de alteração apresentadas por Roriz (2012a, 2012b, 2013, 2014) e por Ferreira, Souza e Assis (2014).

A primeira classificação climática brasileira de destaque da qual se tem notícia foi elaborada por Henrique Morize, em 1889, e revisada em 1922. Baseada em dados de 106 estações meteorológicas para obter as médias anuais de temperatura e de totais pluviométricos, definiu-se três tipos climáticos: equatorial, subtropical e temperado – divididos em outros nove subtipos referentes à umidade. Tal classificação busca caracterizar a diversidade e sazonalidade climática do país e é tida como um marco no desenvolvimento da Climatologia e da Meteorologia do território brasileiro (NASCIMENTO, LUIZ e OLIVEIRA, 2016).

Contemporaneamente à proposta de Morize, Delgado de Carvalho, em 1917, publica sua obra *Météorologie du Brésil*. Por meio de abordagens teóricas acerca dos fatores climáticos do hemisfério sul, trata da diversidade e sazonalidade dos fatores meteorológicos e apresenta uma proposta de classificação climática brasileira dividida em clima equatorial e subequatorial, tropical e subtropical, e temperado – além de oito subdivisões quanto à umidade.

Em 1908, Afrânio Peixoto propõe uma classificação climática para o Brasil que, em 1942, após alterações, traz uma divisão enfatizando a tropicalidade brasileira em três regiões climáticas: equatorial, tropical e temperada. Em 1951, Bernardes apresenta sua proposta de classificação dos climas brasileiros dividindo-o em cinco zonas: equatorial, tropical equatorial, tropical nordeste oriental, tropical brasil central e temperado. Tal proposta ficou conhecida por sua simplicidade e aplicação didática (NASCIMENTO, LUIZ e OLIVEIRA, 2016).

A primeira classificação climática brasileira de base genética, ou seja, que leva em consideração circulação atmosférica, radiação solar, precipitações e umidade, foi proposta em 1972 por Gilberto Osório de Andrade, sendo seguida pela proposta de Nimer em 1979, considerada a divisão climática oficial pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Baseada nos padrões de circulação atmosférica, a proposta de Nimer divide o clima em equatorial, tropical e temperado e subdivide essas três zonas com base nas frequências médias de valores extremos de temperatura, definindo, assim, as regiões térmicas de 0 °C a 10 °C para as regiões mesotérmicas médias, de 10 °C a 15 °C para mesotérmicas brandas, entre 15 °C e 18 °C para subquentes e acima de 18 °C para regiões quentes. Finalmente, relaciona o número de meses secos com o tipo de vegetação natural predominante, definindo regiões com padrões homogêneos de umidade e seca, que variam de superúmido a semiárido. Esta metodologia chega a 17 zonas bioclimáticas (NASCIMENTO, LUIZ e OLIVEIRA, 2016).

Desde 1988, o Grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Associação Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC vem trabalhando em um processo brasileiro para normalização de requisitos mínimos aceitáveis de desempenho térmico para habitações de interesse social (AMORIM e CARLO, 2017). Em 1991, aconteceu o “I Encontro Nacional sobre Normalização em Uso Racional de Energia e Conforto Ambiental em Edificações”, tendo como um dos pontos altos a formação de uma equipe de pesquisadores para elaboração de um projeto para fins normativos – hoje conhecido como NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais Unifamiliares de Interesse Social (ABNT, 2005). A NBR 15.220-03:2005 apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, sendo a primeira vez que um mapeamento de dados climáticos foi dedicado para fins projetuais e construtivos no Brasil (RORIZ, 2012a).

A NBR 15220 (ABNT, 2005) vem cumprindo um importante papel no que diz respeito à melhoria do desempenho térmico das habitações populares no país. É indispensável que um projeto arquitetônico seja pensado e ofereça respostas construtivas às características climáticas do sítio onde será executado. Tomar esta necessidade como pré-requisito, desde a concepção projetual, torna mais possível obter bons resultados no que tange ao desempenho ambiental, energético e conforto humano (MARTINS, BITTENCOURT e KRAUSE, 2011). Assim, é importante também salientar que, nestes 14 anos de vigência da NBR 15.220-03:2005, muitos pontos de atenção e preocupação puderam ser observados.

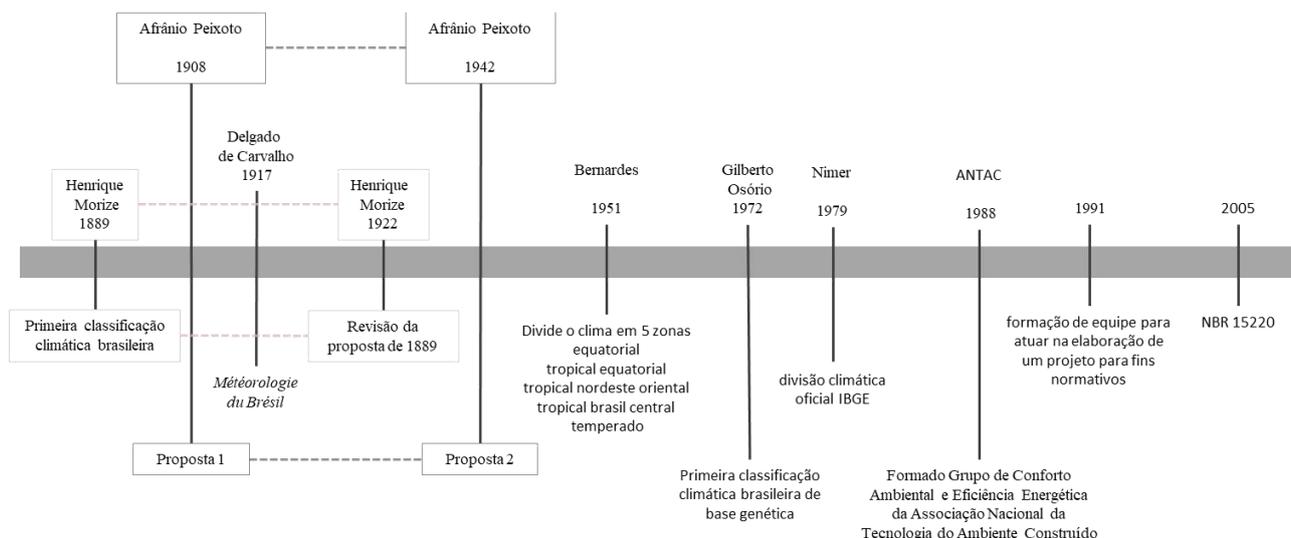


Figura 1 – Linha do tempo da classificação climática no Brasil (autores, 2019).

Tendo em vista a ausência de séries históricas de dados climáticos em parte considerável do país, o zoneamento proposto na NBR 15220 (ABNT, 2005) foi elaborado com base em normais climatológicas de 330 municípios. Medidas entre 1930 e 1990, as normais representaram apenas 6% dos 5.500 municípios do país, sendo todos os demais estimados por interpolação, o que resultou em um mapa com elevados níveis de incerteza. Adicionalmente, Goulart (2010 *apud* TAVARES e AMORIM 2011, p.3) ressalta que “é importante dar preferência para uma série de anos mais atuais, mesmo que seja uma série menor que 10 anos”, o que vai contra a base de dados utilizada (AMORIM e CARLO, 2017; TAVARES e AMORIM 2011; MARTINS, BITTENCOURT e KRAUSE, 2011; RORIZ, 2012a).

A aplicação de uma adaptação da curva psicrométrica de Givoni e das tabelas de Mahoney permitiu definir estratégias bioclimáticas para cada ponto do mapa. O agrupamento destes pontos gerou o Zoneamento Bioclimático Brasileiro constante na NBR 15.220-3 (ABNT, 2005). Tal metodologia resultou em uma quantidade de zonas incapaz de refletir a diversidade bioclimática brasileira, fato este perceptível pela baixa homogeneidade de cada uma das zonas (MARTINS, BITTENCOURT e KRAUSE, 2011; RORIZ, 2012a).

O fato de o zoneamento ser a única classificação com força normativa a propor estratégias construtivas fez com que as medidas para suprir as necessidades de Habitações Unifamiliares de Interesse Social passassem a ser aplicadas também em outras tipologias de edificação. A norma foi tomada como base para o desenvolvimento da ABNT NBR 15575:2008 - Desempenho Térmico de Edificações de até 5 Pavimentos (ABNT, 2008), que, posteriormente, foi substituída pela ABNT NBR 15575:2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013), e dos Regulamentos Técnicos sobre Eficiência Energética – RTQ-C e RTQ-R (INMETRO, 2010a, 2010b). Estes fatos reforçam a necessidade de revisão (MARTINS, BITTENCOURT e KRAUSE, 2011; RORIZ, 2012a).

Por estes motivos, a presente revisão bibliográfica aponta que, de acordo com Martins, Bittencourt e Krause (2011); Roriz (2012a, 2012b); Ferreira, Souza e Assis (2014); Amorim e Carlo (2017), dentre outros pesquisadores, há hoje um amplo consenso sobre a necessidade de retificação do zoneamento. Porém, a ampla atuação e a geração de múltiplas metodologias em diversos países indicam a falta de consenso em vários aspectos do zoneamento bioclimático, o que aponta para a necessidade de estudos mais profundos (WALSH, 2017; RORIZ, 2012a).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar criticamente a ABNT 15.220-03:2005 e as propostas de revisão para o zoneamento bioclimático brasileiro, de forma a encontrar lacunas de conhecimento e possibilidades de pesquisa capazes de colocar à prova métodos já desenvolvidos e gerar avanços à temática em questão.

3. MÉTODO

A análise crítica da ABNT 15.220-03:2005 e as propostas de revisão aqui apresentadas foram baseadas em uma revisão de literatura levantada por meio de um Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL) e tomaram

como base a análise comparativa de Gough, Thomas e Oliver (2012) aliada à contextualização e etapas descritas por Proença Júnior e Silva (2016). A Figura 2 apresenta um fluxograma que ilustra este processo.

Segundo Echer (2001), uma revisão é capaz de identificar a unidade e a diversidade de interpretações existentes a respeito de um problema ou objeto de estudo. Para realização do MSL, utilizou-se da associação dos termos “revisão bioclimática” e “qualidade térmica das edificações” para a realização de consultas nas bases de dados científicas Google Scholar, Scielo, ScienceDirect, Scopus, Taylor & Francis, Web of Science e no *website* do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

O mapeamento foi metodologicamente inspirado no trabalho publicado por Ruiz e Granja (2013), Perillo et al. (2017) e nas descrições de resultado de Revisão Sistemática de Literatura - RSL, de Neves et al. (2017) e Ruschel et al. (2017).

Os resultados obtidos nas bases de dados contemplam 28 artigos publicados em eventos ou periódicos científicos e teses aderentes. As produções científicas passaram pela leitura de introdução e conclusão, o que as categorizou de acordo com metodologias de zoneamento disponíveis, análises críticas do zoneamento bioclimático brasileiro e propostas de revisão, apresentadas a seguir.

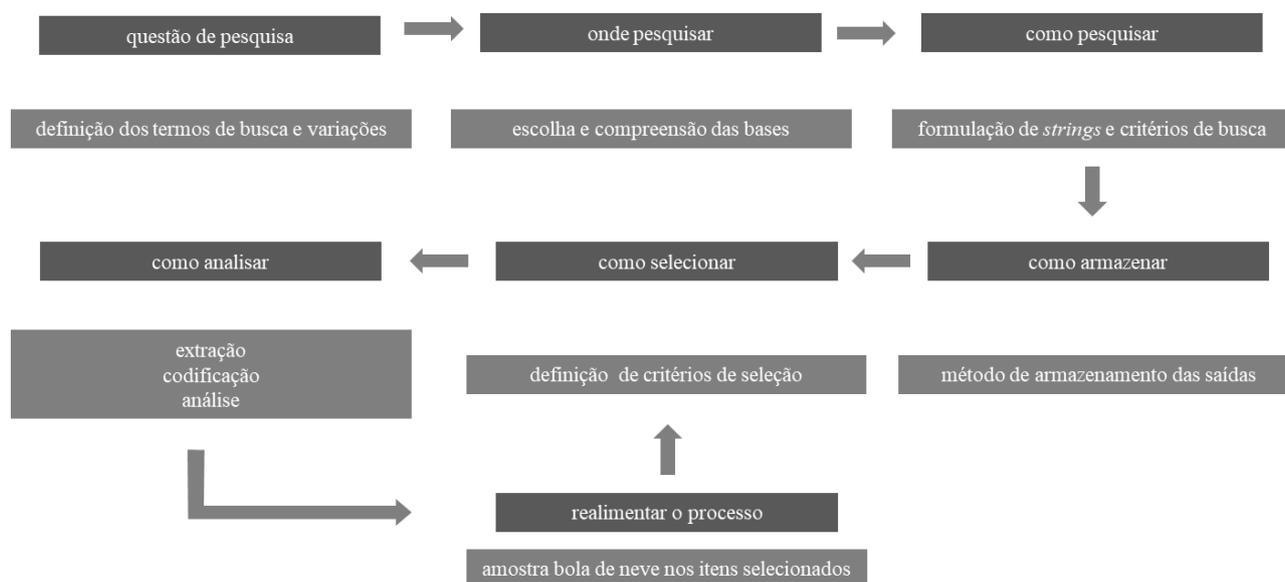


Figura 2 – Fluxograma do processo de Mapeamento Sistemático de Literatura aplicado (autores, 2019).

4. METODOLOGIAS DE ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO

A definição adequada de zonas climáticas é uma tarefa complexa e com variáveis interdependentes, o que deixa claro o motivo da utilização de diversas metodologias ao redor do mundo, das mais simples às mais complexas, levando à aplicação de diversos métodos combinados.

Apresenta-se a seguir um resumo das análises realizadas por Walsh (2017) acerca das metodologias aplicadas nos zoneamentos de 54 países, selecionadas de acordo com a disponibilidade de dados e acessibilidade linguística. Foram levadas em consideração variáveis climáticas, consumo energético, processamento de dados e outros parâmetros, apresentando a frequência de uso de cada método no universo estudado, suas críticas e a forma de aplicação, isolada ou combinada. O método utilizado pela autora consistiu na revisão, em grande parte, de materiais normativos e, em número inferior, de conteúdo acadêmico sem validade normativa.

As análises foram realizadas de acordo com categorias de zoneamentos elaborados tendo como base variáveis climáticas, consumo energético e processamento de dados e, por fim, um conjunto de outros parâmetros usados principalmente de forma complementar.

Mesmo que tenha detalhado os métodos e frequência de uso, a pesquisa de Walsh (2017) não identificou um método científico amplamente aceito para lidar com a complexidade e a precisão na definição do número de zonas climáticas necessárias. Apresenta, no entanto, os parâmetros mais utilizados, que são temperatura de ar, graus-dia, altitude e umidade relativa.

Ao mesmo tempo, indica um aumento na aplicação da simulação de desempenho para auxiliar na definição de zonas climáticas, passando de uma abordagem baseada em clima para uma abordagem baseada

em desempenho, sendo que, das técnicas identificadas nesta revisão, apenas a combinação de simulação de desempenho e análise de agrupamento de dados parece fornecer ferramentas robustas, não levando necessariamente a um melhor zoneamento climático, mas fornecendo meios para explorar cenários (WALSH, 2017).

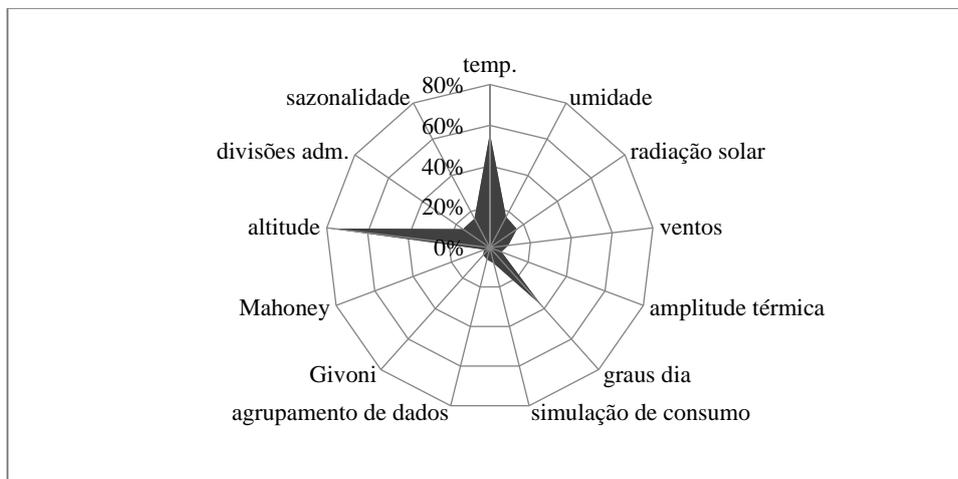


Figura 3 – Métodos de zoneamento mais aplicados (adaptado de Walsh, 2017).

5. DISCUSSÃO

A ABNT 15.220-03:2005 elaborou o zoneamento bioclimático brasileiro por meio das tabelas de Mahoney e de uma adaptação da carta psicrométrica de Givoni. Para a obtenção dos dados climáticos, o território brasileiro foi dividido em 6.500 células, das quais 330 dispunham de medições climáticas. As demais foram estimadas por interpolação.

Os dados climáticos de entrada foram temperaturas máximas e mínimas, umidades relativas e médias mensais de temperatura (WALSH, 2017; RORIZ, GHISI e LAMBERTS, 1999). A metodologia adotada conta com a classificação do clima de cada célula através da aplicação dos dados climáticos mês a mês na curva psicrométrica de Givoni. A partir das cinco principais estratégias resultantes, definiu-se a zona bioclimática da mesma.

A NBR 15220 (ABNT, 2005) define oito zonas bioclimáticas que, agrupadas, geram o zoneamento brasileiro e cujas recomendações construtivas são estabelecidas pelas estratégias de condicionamento térmico passivo de Givoni com limites de indicadores de desempenho térmico adaptados do método de Mahoney (RORIZ, GHISI e LAMBERTS, 1999).

A norma é alvo de críticas desde a sua publicação, em 2005, sendo que seus desenvolvedores concordam que o método utilizado para estimar as características climáticas de zonas sem dados monitorados gerou elevados níveis de incerteza ao resultado final. As recomendações construtivas atendem exclusivamente às Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Porém, por ser documento único nestas recomendações em território nacional, tem sido aplicado arbitrariamente em outras tipologias, além de ser uma das normas tomadas como base para a, hoje vigente, ABNT NBR 15575:2013 - Desempenho de Edificações Habitacionais, o que a confere um elevado nível de imprecisão.

Ferreira, Souza e Assis (2014) e Walsh (2017) mencionam a importância de considerar variáveis como ventos locais e radiação solar, além das temperaturas máximas e mínimas, umidades relativas e médias mensais de temperatura. O uso de um número excessivo de dados climáticos pode tornar o cálculo excessivamente complexo e inviável. Entretanto, não aplicar dados importantes pode levar a um zoneamento que reflete pouco a realidade (FERREIRA, SOUZA e ASSIS, 2014; WALSH, 2017).

No caso brasileiro, a aplicação da curva psicrométrica de Givoni e o agrupamento de regiões de acordo com estratégias gerou uma quantidade de zonas bioclimáticas incapaz de refletir a diversidade climática do país. Desta forma, as oito zonas abrigam sob as mesmas características regiões muito heterogêneas, com disparidades no que tange altitude e rigor climático, as oferecendo as mesmas recomendações (BOGO, 2016; RORIZ, 2012a).

O fato da norma não representar plenamente a diversidade climática brasileira é exemplificado pela ausência de diretrizes de condicionamento térmico passivo, importantes para as regiões de clima subtropical típicas do sul do país; pelo descuido ao não recomendar estratégias de sombreamento para as zonas 1, 2 e 3; pelo excesso de rigor nas recomendações de transmitância térmica de coberturas; e pelo fato de não ser

considerada a sazonalidade climática do país (BOGO, 2016; MARTINS, BITTENCOURT e KRAUSE, 2011).

Tantos pontos críticos levaram a um grande número de propostas de revisão da norma, abordando diferentes metodologias, critérios e dados climáticos. São analisadas, neste artigo, quatro propostas de autoria de Roriz através do Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações da ANTAC (2012a, 2012b, 2013, 2014) e uma proposta elaborada por Ferreira, Souza e Assis (2014). Das cinco propostas de revisão para a NBR 15.220-03:2005 elaboradas pelo Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações da ANTAC, quatro são analisadas, já que a uma delas foi rapidamente substituída por uma versão revisada.

A primeira é datada de janeiro de 2012 e apresenta um grande avanço sobre dados climáticos, com 610 municípios cobertos por informações meteorológicas referentes aos anos 2000 a 2010, obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMet); 4.954 municípios com dados estimados por regressão; e um terceiro grupo para cobrir pontos do país fora das sedes municipais cujos dados de altitude não eram confiáveis e que foram definidos a partir da divisão do território brasileiro em 233.455 células quadradas para a interpolação de dados (RORIZ 2012a).

Através da amplitude média anual e da temperatura média anual, foram obtidas 20 zonas bioclimáticas divididas em grupos de temperatura (abaixo de 20 °C, entre 20 °C e 26 °C e acima de 26 °C). Por mais que a base de dados tenha aumentado em 184%, ainda corresponde a apenas 11% dos municípios do país. Mesmo que a proposta leve em consideração a altitude dos municípios – o que, segundo Roriz (2012a), gera um zoneamento excessivamente detalhado – ainda assim deixa de lado a ventilação e insolação, não considera as umidades relativas e passa a usar a amplitude térmica. Assim, mesmo que tenha ampliado a fonte de dados climáticos, críticas apontam que este número poderia ser ainda maior, sendo o método de estimativa de dados não medidos também criticado (RORIZ 2012a).

A segunda proposta foi publicada em agosto de 2012 (RORIZ, 2012b). Conta com 1.281 pontos com dados medidos (210% a mais que a anterior e quase 390% a mais que o zoneamento vigente) e o grande diferencial foi considerar os dados não medidos, em sua maioria por meio de satélite, sendo uma pequena parte interpolada. Dados de umidade relativa, ventilação e insolação continuam não sendo utilizados. Os critérios de classificação são, mais uma vez, alterados, e, por meio do critério de graus horas de calor e graus hora de frio, obteve-se o resultado de 16 zonas (RORIZ, 2012b).

Em novembro de 2013, foi lançada a terceira revisão proposta pelo Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações da ANTAC (RORIZ, 2013). Mais uma vez, a novidade são as fontes e formas de estimativa de pontos não medidos. O número de cidades brasileiras monitoradas aumentou para 1.513 (248% acima da proposta anterior e 415% acima da norma vigente) e, pela primeira vez, 230 cidades de outros países sul-americanos foram utilizadas para o auxílio da estimativa dos pontos interpolados. Dados de umidade relativa, ventilação e insolação continuam não sendo utilizados e as variáveis climáticas são as médias mensais das médias diárias de temperatura, temperatura média anual e amplitude térmica anual. O parâmetro de classificação adotado são as temperaturas médias anuais e amplitudes térmicas, resultando em 24 zonas bioclimáticas (RORIZ, 2013).

Por fim, o Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações da ANTAC publicou, em março de 2014, a última proposta de revisão do zoneamento, disponibilizada no *website* do LabEEE, que mantém as variáveis climáticas e os métodos de classificação da versão anterior, mas dá continuidade na discussão a respeito das fontes dos dados e obtém, pela segunda vez, o resultado de 24 zonas bioclimáticas (RORIZ 2014).

Uma quinta proposta de revisão metodológica foi elaborada por Ferreira, Souza e Assis, (2014) e baseia-se na classificação climática de Nimer para propor recomendações arquitetônicas a partir das literaturas de referência de Givoni, Brasil, Mascaró e Blume (1976, 1983, 1983 e 1984 *apud* FERREIRA, SOUZA e ASSIS, 2014, p.433), com o objetivo de tornar-se base para uma reflexão acerca da necessidade da congruência entre arquitetura e o clima das diversas regiões do país.

A retomada do método de Nimer gerou um total de 17 zonas bioclimáticas elaboradas com base na circulação e no ritmo atmosférico, levando em conta a sazonalidade, temperaturas extremas e umidade (FERREIRA, SOUZA e ASSIS, 2014). Esta proposta é baseada em três sistemas. O primeiro trata dos padrões de circulação atmosférica e delimita três climas zonais: equatorial, tropical e temperado. O segundo fundamenta-se na frequência e média de valores extremos de temperatura para delimitar as regiões térmicas em mesotérmico mediano ou brando, subquente e quente, valendo-se do critério de Köppen (1936), e estabelecendo o limite de 18 °C para os climas quentes (>18 °C) e subquentes (<18 °C). De forma a tornar o método mais abrangente, ainda estabeleceu-se os limites de 15 °C e 10 °C do mês mais frio para o mesotérmico brando (entre 15 °C a 10 °C) e mesotérmico médio (entre 10 °C a 0 °C). O terceiro sistema foi

classificado com base no critério de Gaussen e Bagnouls (1963) que, através das médias mensais de precipitação e temperatura, relaciona o número de meses secos com o tipo de vegetação natural predominante. Define, assim, padrões homogêneos de umidade e seca e classifica as regiões de superúmido a semiárido (GALVÃO, 1962; NASCIMENTO, LUIZ e OLIVEIRA, 2016). Informações acerca dos métodos de medição e fontes de dados climáticos não foram encontradas nas descrições a respeito do método de Nimer.

Comparativamente, o método de Nimer e a combinação de métodos aplicados pela NBR 15220 (ABNT, 2005) apresentam pouca correspondência, havendo alguma relação nas regiões sul e norte, apesar do zoneamento da norma não considerar os regimes pluviométricos e de seca dessas regiões. Não é possível estabelecer correspondência nos resultados para o nordeste, centro-oeste e sudeste, onde ocorreram as maiores distorções, dadas as diferenças de método (FERREIRA, SOUZA e ASSIS, 2014).

O processo de evolução da norma vigente e das propostas de revisão apresentadas pode ser observado na Tabela 1, que compara as áreas medidas, fontes de dados, métodos de medição e de estimativa para áreas não medidas, assim como os dados de entrada, método de captação e resultados.

Tabela 1 – Comparativo entre norma vigente e propostas de revisão (autores, 2019).

		ABNT 15220-03	Revisão 01	Revisão 02	Revisão 03		Revisão 04		Revisão 05
Autor		ABNT (2005)	Roriz (2012a)	Roriz (2012b)	Roriz (2013)		Roriz (2014)		Ferreira, Souza e Assis (2014)
Obtenção de Dados Climáticos	Áreas Medidas	330	610	1281	Brasil	1513	Brasil	1511	não informado
					América do Sul	230	América do Sul	226	
	Fonte	INMet	INMet	diversas	diversas		diversas		não informado
	Método de Medição	Temperatura de Bulbo Seco	Temperatura de Bulbo Seco	diversos	diversos		diversos		não informado
	Dados de Entrada	Tmax	Média Mensal Tmax	Média Mensal Tmax	Média Mensal Tmax	Média Mensal Tmax	Média Mensal Tmax	Média Mensal Tmax	Média Mensal Temp.
		Tmin	Média Mensal Tmin		Média Mensal Tmin	Média Mensal Tmin	Média Mensal Tmin	Média Mensal Precipitação	
		Média Mensal Temp.	Média Mensal Temp.	Média Mensal Tmin	Média Anual Temp.	Média Anual Temp.	Média Anual Temp.	Valores Extremos de Temp.	
		Umidade Relativa	Média Mensal de Amplitude Térmica		Amp. Térmica Anual	Amp. Térmica Anual	Amp. Térmica Anual	Freq. de Valores Extremos de Temp.	
	Método para Áreas sem Medição	Interpolação	Regressão Linear Múltipla e Interpolação	Médias mensais de Tmax e Tmin medidas por meio de satélites da NASA e Interpolação	Regressão Linear Múltipla e Interpolação	Médias mensais de Tmax e Tmin medidas por meio de satélites da NASA, Regressão Linear e Interpolação	não informado		
	Considera Altitude	não	sim	não informado	não informado		não informado		não
Metodologia de Classificação	Tabela de Mahoney Curva de Givoni	Média anual de temperatura e amplitude média anual	Graus hora de calor Graus hora de frio	Média anual de temp. Amp. Média anual Desvio padrão de Tmed Desvio padrão de amp.	Média anual de temp. Amp. Média anual Desvio padrão de Tmed Desvio padrão de amp.	Circulação atmosférica Köppen (1936) Gaussen e Bagnouls (1963)			
Zonas Bioclimáticas	8	20	16	24		24		17	
Recomendações projetuais e construtivas	sim	não	não	não		não		sim	

A partir das propostas de revisão analisadas, pode-se concluir que, no Brasil, se confirma o cenário mundial de incerteza metodológica apontado por Walsh (2017) e que o país enquadra-se no grupo que aplica até três técnicas de classificação – ou seja, 78% dos zoneamentos estudados. Ao mesmo tempo, destoa no que tange às variáveis mais aplicadas – temperatura do ar, graus-dia, altitude e umidade relativa, que não são unanimemente empregadas na norma brasileira e propostas de revisão, principalmente no que diz respeito à umidade, altitude e graus-dia.

Países como Índia e Nepal também utilizaram a curva psicrométrica de Givoni, método aplicado na NBR 15220-03:2005 e presente em apenas 5% dos zoneamentos estudados. Ao mesmo tempo, a proposta de revisão 01, elaborada pelo Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações da ANTAC, aplica o método de graus hora de calor e graus hora de frio – o mesmo elaborado por Walsh (2017) em conjunto com simulações em sua proposta de zoneamento para a Nicarágua. O uso do desvio padrão de temperatura do ar e amplitude não foi encontrado em nenhum dos casos analisados ao redor do mundo (WALSH, 2017).

6. CONCLUSÕES

A partir da revisão apresentada neste artigo pode-se concluir a importância da NBR 15220-03:2005 para a análise de desempenho térmico de edificações e que atentar-se às críticas feitas em seus 14 anos de vigência é vital e para que seja estruturada uma proposta de revisão.

Por meio da análise das metodologias aplicadas ao redor do mundo e das propostas de revisão à norma brasileira, fica claro que não existe um consenso a respeito de qual o método de zoneamento mais eficaz. As análises indicam, também, que é importante facilitar o acesso a dados climáticos, bem como ampliar as medições através da implantação de mais estações climáticas, o que é crucial para obter-se um resultado confiável, já que as simulações computacionais dependem, em grande parte, de dados confiáveis.

Este artigo demonstra que, apesar de muitas opções de metodologia para o zoneamento bioclimático estarem disponíveis, não existe a demarcação de qual a mais adequada para cada tipo de situação, indicando, assim, a necessidade de mais pesquisas neste tópico.

A bibliografia revisada identificou que as variáveis, os parâmetros e as técnicas mais utilizados em nível mundial são temperatura do ar, graus-dia, amplitude térmica e umidade e que, em 78% dos casos, até três variáveis ou métodos foram aplicadas em conjunto (WALSH, 2017). Blume (1984 *apud* FERREIRA, SOUZA e ASSIS, 2014, p. 433) indica que as principais variáveis a serem levadas em consideração na escala do projeto arquitetônico são: temperatura do ar, umidade, vento e sol, sendo importante que o edifício responda a esses parâmetros para ser confortável e energeticamente eficiente.

A NBR 15220-03:2005 não aplica os parâmetros indicados por Walsh (2014) como os mais utilizados do mundo e não leva em consideração as variáveis ditas por Blume (1984) como cruciais ao edifício, sendo importante que sejam estudadas formas de inserir tais dados, de maneira a tornar o zoneamento mais seguro, sem elevar sua complexidade a um nível que o inviabilize.

Existe um aumento considerável na aplicação de simulações de desempenho de edificações para auxiliar e testar os zoneamentos bioclimáticos, migrando de uma metodologia baseada no clima para uma metodologia baseada no desempenho, sendo que pesquisas apontam para o uso combinado de dados com simulação como a única forma confiável de resultados (WALSH, 2017).

A cobertura uniforme do território por estações automáticas é uma ação que eliminará as lacunas de dados existentes e, mesmo que Carvalho, Araújo e Silva (2002) afirmem que dados climáticos confiáveis sejam frutos de séries históricas que devem compreender pelo menos 10 anos de coletas, a implantação de novas estações é necessária (AMORIM e CARLO, 2017). A curto prazo, as ações que estimam as áreas sem medição precisam ser aperfeiçoadas e o uso de sistemas de simulação que coloquem estas estimativas à prova demonstra ser um método robusto de resposta à complexidade da relação entre o clima e o desempenho de edificações (WALSH, 2017).

A NBR 15220-03:2005 propõe-se a oferecer recomendações construtivas e projetuais para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Entretanto, é importante que existam formas de recomendar outras tipologias no que tange a eficiência energética e o conforto ambiental, evitando, assim, adaptações do uso prático da norma e eliminando a possibilidade de falhas interpretativas.

Por fim, conclui-se que o melhoramento do zoneamento climático brasileiro pode estar na aplicação de parâmetros climáticos adequados e que a simulação computacional do desempenho das edificações deve ser aliada ao processo para torná-lo mais assertivo e permitir a elaboração de recomendações mais abrangentes e que atendam a mais tipologias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-03: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Desempenho de Edifícios de até Cinco Pavimentos: Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho: Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- AMORIM, Alexandre C.; CARLO, Joyce C. Análise das propostas de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro: estudo de caso de Colatina, ES. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 373-391, jan./mar. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v17n1/1678-8621-ac-17-01-0373.pdf>> Acesso em: jan. 2019. doi: 10.1590/s1678-86212017000100140.
- BLUME, Hermann. *La casa Pasiva: clima y ahorro energético*. Madrid: The American Institute of Architects, 1984. *Apud FERREIRA, Camila; SOUZA, Henor A. de; ASSIS, Eleonora S. de*. Estudo do clima brasileiro: reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, AL, 2014, p. 433.
- BOGO, Amílcar J. Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho nbr 15220-3 e nbr 15575. Blumenau, SC, set. 2016. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4389>> Acesso em: jan. 2019. doi: 10.15628/holos.2016.4389.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura (MEC). Controle do Ambiente em Arquitetura – Módulo 06. Curso de especialização por Tutoria à Distância. Brasília: MEC/CPAES/PIMEG, 1983. *Apud FERREIRA, Camila; SOUZA, Henor A. de; ASSIS, Eleonora S. de*. Estudo do clima brasileiro: reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, AL, 2014, p. 433.
- CARVALHO, H. J. M.; ARAÚJO, T. G. H.; SILVA, F. A. G. Tratamento de Dados Climáticos da Cidade de João Pessoa - PB, Para o Uso em Projetos de Arquitetura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., Foz do Iguaçu, 2002. Anais... Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002.
- ECHER, Isabel Cristina. A revisão de literatura na construção do trabalho científico. *Revista gaúcha de enfermagem*. Porto Alegre, v. 22, n. 2 (jul. 2001), p. 5-20, 2001.
- FERREIRA, Camila; SOUZA, Henor A. de; ASSIS, Eleonora S. de. Estudo do clima brasileiro: reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, AL, 2014. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_264.pdf> Acesso em: 30 jan. 2019 doi: <http://doi.org/10.17012/entac2014.264>.
- GALVÃO, Marília Veloso. A classificação climática de Gaussen e Bagnouls e sua aplicação ao centro oeste brasileiro. *Revista Geográfica, Instituto Panamericano de Geografia e História, Cidade do México*, t. 30, n. 56, p. 17-22, jan./jul. 1962. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/40996631.pdf?acceptTC=true>> Acesso em: mai. 2019.
- GIVONI, B. Man, Climate and Architecture. 2nd. *Applied Science*. 1976. *Apud FERREIRA, Camila; SOUZA, Henor A. de; ASSIS, Eleonora S. de*. Estudo do clima brasileiro: reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, AL, 2014, p. 433.
- GOUGH, David; THOMAS, James; OLIVER, Sandy. Clarifying Differences Between Review Designs and Methods. In: *Systematic Reviews Journal*, Londres, v. 1, n. 28, jun. 2012. Disponível em: <<https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/2046-4053-1-28>>. Acesso em: 04 fev. 2019. doi: <https://doi.org/10.1186/2046-4053-1-28>.
- GOULART, S. Metodologia para identificação do TRY [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por Laura Resende Tavares (lauraresende@yahoo.com.br) em 7 de julho de 2010. *Apud TAVARES, Laura R.; AMORIM, Cláudia N. D*. Elaboração do arquivo climático horário da cidade de Uberlândia – MG para simulação de desempenho energético segundo o RTQ-C. XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Búzios, RJ 2011, p.3.
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Brasília, DF, 2010a.
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. RTQ-R: Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais. Brasília, DF, 2010b.
- PROENÇA JÚNIOR, Domício P.; SILVA, Édison R. Contexto e processo do mapeamento sistemático da literatura no trajeto da pós-graduação no Brasil. *Transinformação*, Campinas, v. 28, n. 2, p. 233-240, ago. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-37862016000200233&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 26 jan. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2318-08892016000200009>.
- MARTINS, Tathiane A. L.; BITTENCOURT, Leonardo; KRAUSE, Claudia B.-. Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro: reflexões sobre o semi-árido nordestino. XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Búzios, RJ, 2011. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/encac/files/2011/Top4art31.pdf>> Acesso em: fev. 2019. doi: 10.1590/S1678-86212012000200005.
- MASCARÓ, L. R. de. Luz, Clima e Arquitetura. São Paulo: Nobel, 1983. *Apud FERREIRA, Camila; SOUZA, Henor A. de; ASSIS, Eleonora S. de*. Estudo do clima brasileiro: reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, AL, 2014, p. 433.
- NASCIMENTO, Diego T. F.; LUIZ, Gislaíne C.; OLIVEIRA, Ivanilton J. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal (Brasil). *Élisée, Revista de Geografia da Universidade Estadual de Goiás, Porangatu*, v.5, n.2, p.59-86, jul./dez. 2016. Disponível em: <<http://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/5769>> Acesso em: mar. 2019.
- NEVES, Leticia de O. et al. Revisões sistemáticas da Literatura: Parte I. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 8, n. 3, p. 141-143, set. 2017. ISSN 1980-6809. Disponível em:

- <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8651561>>. Acesso em: 07 fev. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v8i3.8651561>.
- PERILLO, Paulo J. L.; CAMPOS, Marcus André Siqueira; ABREU-HARBICH, Loyde Vieira. Conforto térmico em salas de aula: revisão sistemática da literatura. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 8, n. 4, p. 236-248, dez. 2017. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650268>>. Acesso em: 05 fev. 2019. doi: <https://doi.org/10.20396/parc.v8i4.8650268>.
- RORIZ, Maurício; GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares. V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza, CE, 1999.
- RORIZ, M. Uma Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. 2012a. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>> Acesso em: 15 fev. 2019.
- RORIZ, M. Segunda Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático do Brasil. 2012b. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>> Acesso em: 15 fev. 2019.
- RORIZ, M. Classificação de Climas do Brasil – Versão 2. 2013. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>> Acesso em: 20 fev. 2019.
- RORIZ, M. Classificação de Climas do Brasil – Versão 3. 2014. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>> Acesso em: 20 fev. 2019.
- RUIZ, Joyce de A.; GRANJA, Ariovaldo D. Um Mapeamento Sistemático da Literatura sobre a Relação entre Valor e Colaboração na Construção. In: 8º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção Inovação e Sustentabilidade, Salvador, BA, v. 1, pp.1-10, n. 1, nov. 2013. Disponibilizado pelo autor.
- RUSCHEL, Regina C. et al. Revisões sistemáticas da Literatura: Parte II. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 8, n. 3, p. 141-143, set. 2017. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc>>. Acesso em: 07 fev. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v8i4.8652036>.
- TAVARES, Laura R.; AMORIM, Cláudia N. D. Elaboração do arquivo climático horário da cidade de Uberlândia – MG para simulação de desempenho energético segundo o RTQ-C. XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Búzios, RJ 2011. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/encac/files/2011/topico5artigo21.pdf>> Acesso em: mar. 2019.
- WALSH, Angélica S. G. Zoneamento bioclimático para edificações baseado no desempenho térmico. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, [s.n.] fev. 2017.