



# XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

## DEFINIÇÃO DE UMA CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA O ESTUDO DE EDIFICAÇÕES COM BALANÇO ANUAL ZERO DE ENERGIA NO BRASIL

**DOMINGOS, Lucas (1); KALZ, Doreen (2); DINKEL, Arnulf (3); LOMARDO, Louise (4); SILVA, Vanessa (5)**

(1) Fraunhofer-ISE, lucas.antunes.domingos@ise.fraunhofer.de (2) Fraunhofer-ISE, doreen.kalz@ise.fraunhofer.de (3) Fraunhofer-ISE, arnulf.dinkel@ise.fraunhofer.de (4) PPGAU/EAU/UFF, louiselbl@gmail.com (5) UNICAMP, vangomes@fec.unicamp.br

### RESUMO

Esse artigo tem como objetivo estabelecer uma classificação climática para o desenvolvimento de conceitos de edificações com balanço anual nulo de energia, os NZEB (Net Zero Energy Building). Para atingir a meta de zerar o balanço anual de eletricidade consumida oriunda do sistema elétrico nacional, parte-se da hipótese que a Temperatura do Ar, a Umidade Relativa do Ar e a Irradiância Solar Global são as variáveis ou indicadores climáticos de maior relevância para estes conceitos construtivos. Valores-limite dessas variáveis foram determinados por análise de agrupamento (Clustering), através de um algoritmo programado em "R". O desenvolvimento da classificação climática foi necessário para estabelecer cenários com potencial hierarquizado para esse fim. A delimitação geoespacial das classes climáticas e a extrapolação dos dados para locais sem medição, a partir dos dados existentes, foram realizados pelo método determinístico de interpolação "ponderação inversa da distância" (IDW- Inverse Distance Weighting). Esse trabalho foi elaborado como a etapa inicial de uma pesquisa de doutorado que visa analisar o potencial regional de NZEB para o Brasil.

**Palavras-chave:** Classificação Climática, Indicadores Climáticos, Clustering, Inverso da Potência das Distâncias, Zero Energy Building

### ABSTRACT

*This article aims to establish a climate grading for the development of concepts for buildings with zero annual energy balance, NZEB (Net Zero Energy Building). To achieve the goal of zero annual balance of electricity consumed coming from the national grid, it is assumed that outdoor air temperature, relative humidity and global solar radiation are the most relevant climatic variables to this building concept. Limit values of these variables were determined by cluster analysis. The development of climatic classification was necessary to establish hierarchical potential scenarios for this purpose. The geospatial delineation of the climate classes and the extrapolating data for locations without measurements were obtained using the deterministic interpolation method of inverse distance weighting (IDW). This paper was prepared as the first part of a PhD research aimed to analyze the regional potential for NZEB Brazil.*

**Keywords:** Climate Classification, Climate Indicators, Clustering, IDW- Inverse Distance Weighting, Zero Energy Building

## 1 INTRODUÇÃO

Hoje, as edificações são consumidoras de energia. No futuro, as edificações podem se tornar fornecedoras de energia. A geração distribuída de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia e a injeção do excesso de energia na rede elétrica já cenarizam

um momento em que as edificações serão elementos fundamentais na matriz energética. Para edificações que apresentam baixo consumo de energia, a obtenção de um saldo positivo em um balanço anual é uma meta alcançável em muitos países.

Na União Europeia, a reformulação das diretrizes do setor da construção civil publicada em 2010 exige que os seus Estados-Membros construam até o final de 2020 o padrão “Nearly Zero Energy Building” para todas as suas novas edificações. O programa de tecnologia de construção dos Estados Unidos também tem como objetivo introduzir edificações com balanço nulo de energia residenciais e não-residenciais até 2020 e 2025, respectivamente (VOSS, 2011). O Brasil apresenta alguns avanços nesta área, em especial o projeto de Lei do Senado nº84 de 2012, o qual estabelece diretrizes para que o consumidor possa produzir sua própria energia e injetar o excesso na rede de distribuição.

O conceito geral de “Net Zero Energy Building” - NZEB - significa que a edificação deve estar conectada a uma rede de distribuição de energia elétrica e, feito o balanço anual líquido de energia, este deve ter um resultado nulo ou se possível até apresentar valores positivos, quando a edificação gerar mais energia elétrica em relação ao consumo. Desta forma, o excesso de energia é fornecido à rede elétrica. A edificação pode ter períodos de consumo da energia disponível na rede elétrica (situações de balanço negativo) e outros superavitários. Este conceito, por sua vez, deve ser adaptado de acordo com as normas nacionais, objetivos políticos e aspectos ambientais do país. Um balanço positivo é atingido com mais facilidade quando a edificação já apresenta um consumo de energia final reduzido. Isto deve-se à uma arquitetura adequada e ao uso de equipamentos e elementos construtivos de alta eficiência energética, somado ao desempenho da fonte geradora de energia elétrica a partir das fontes renováveis locais que são extremamente dependentes de condições meteorológicas favoráveis. Desta forma, é fundamental, para a consecução deste objetivo, não somente uma produtiva geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como também a redução do consumo final de energia via projeto com elevado nível de eficiência energética (VOSS, 2011; TORCELLINI, 2006). Este conceito construtivo, amplamente difundido, aplicado e aperfeiçoado em países de clima temperado como na Europa e nos Estados Unidos, é a motivação de muitos estudos na tentativa de adaptá-lo em locais de clima quente e úmido, levando em consideração o clima e os aspectos construtivos locais.

O emprego de parâmetros técnicos e climáticos locais no desenvolvimento e planejamento de edificações tem sido crucial para atingir elevados níveis de eficiência energética. Para o NZEB, o adequado e racional uso de recursos naturais, como o uso da irradiância solar na geração de energia elétrica, é indispensável e a sua dimensão é decisiva na classificação e avaliação de tais conceitos.

Para o Brasil, a NBR 15220-3 apresenta uma primeira versão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro, na qual o desempenho térmico das edificações pode ser otimizado em função de recomendações técnico-construtivas adaptadas às condições climáticas regionais (ABNT, 2005). Este Zoneamento tem sido aplicado no projeto de edificações com diversos usos, desconsiderando a sua finalidade inicial de propor recomendações para a otimização do desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com até três pavimentos (RORIZ, 2012a, 2012b; GIVONI, 1992). A necessidade de se estabelecer relações entre padrões climáticos e novas estratégias de projeto – os NZEBs, por exemplo, torna necessário o mapeamento de um maior número de variáveis. No caso, a inclusão da irradiância solar torna-se relevante, pois o aproveitamento dessa fonte de energia é uma estratégia central para a análise da viabilidade de edifícios com balanço energético anual zero.

A análise da viabilidade de tais edifícios depende de vários fatores e uma classificação climática adequada a este propósito é sugerida como elemento indispensável neste contexto. Esta classificação climática deve descrever detalhadamente possíveis regiões de estudo em função da disponibilidade e intensidade de recursos naturais locais.

Neste artigo, uma classificação climática é proposta com o objetivo de delimitar regiões com características climáticas semelhantes referente à diferentes níveis de Temperatura do Ar Exterior, Umidade Relativa e Irradiância Solar Global. As características climáticas de cada região devem auxiliar a concepção e desenvolvimento de conceitos energéticos de edifícios com o padrão “Net Zero Energy Building”, considerando, desta forma, o comportamento destes indicadores climáticos no desempenho térmico e na eficiência energética da edificação.

## **2 MÉTODO UTILIZADO PARA A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA**

Para atingir os critérios de alta eficiência energética, pressupõe-se que o uso de recursos naturais locais são fundamentais para zerar o balanço energético final da edificação, além de poder otimizar de forma direta ou indireta o desempenho térmico da edificação.

Para classificar regiões com características climáticas distintas segundo as variáveis aqui selecionadas de interesse fundamental para o estudo de NZEB (Temperatura do Ar Exterior, Umidade Relativa e Irradiância Solar Global), foram determinados valores-limite para estas variáveis aplicando a teoria de Clustering (análise de agrupamento) à amostra completa. Esta teoria tem o objetivo de realizar agrupamentos automáticos de dados segundo seu grau de semelhança através de algoritmos programados no ambiente de desenvolvimento integrado “R”. A análise de agrupamento aqui utilizada trata de uma teoria difundida e bem sucedida na informática, medicina e biologia para identificar classes com tipologias semelhantes. Na climatologia, esta teoria é empregada para encontrar regimes climáticos ou padrões atmosféricos de pressão do nível do mar mais frequentes (BACHER, 2010).

Com o mesmo objetivo de encontrar classes com características semelhantes com alto grau de confiabilidade, optou-se para este estudo o uso da teoria de Clustering para identificar classes com características climáticas semelhantes em função do indicador climático e a sua variação ao longo do ano. Nesta disposição dos dados, os valores-limite dos respectivos indicadores climáticos são determinados pela identificação das classes semelhantes.

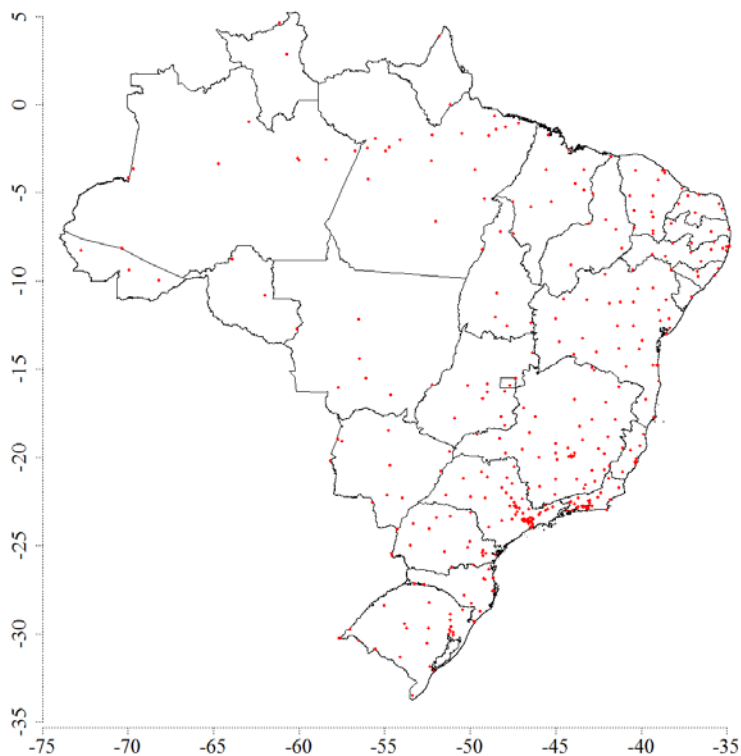
A definição de um valor-limite para cada indicador citado resulta na formação de 8 classes com homogeneidade climática, onde cada classe foi determinada intercalando os valores dos indicadores de cada localidade acima ou abaixo em relação aos valores limitantes. A delimitação de 8 classes com homogeneidade climática e a extrapolação para locais sem dados medidos são obtidas pelo método de interpolação determinista IDW - Inverse Distance Weighting (inverso da potência das distâncias), também programado em “R”.

### **2.1 Base de dados climáticos**

Para a obtenção dos arquivos climáticos de municípios brasileiros, utilizou-se o Meteonorm 7.1. Trata-se de um banco de dados meteorológicos do Ministério de Energias da Suíça com dados climatológicos abrangentes indicados para simulação de edificações, sistemas solares e painéis fotovoltaicos. Os resultados são anos típicos ou TMY (Typical Meteorological Year) gerados estocasticamente através da interpolação das médias mensais. Eles não representam um verdadeiro ano histórico, mas um ano

hipotético que representa estatisticamente um ano típico no local selecionado. Para este estudo, utilizaram-se os dados horários, registrados em 355 estações climatológicas entre os anos de 1961 e 1990. A Figura 1 apresenta a localização das estações climatológicas consideradas neste estudo.

**Figura 1: Localização das estações climatológicas**



Fonte: METEOTEST 7.1 (2014)

## **2.2 Indicadores climáticos para edificações com eficiência energética**

A Temperatura do Ar Exterior, a Umidade Relativa e a Irradiância Solar Global foram escolhidas como as variáveis mais diretamente relacionadas com o potencial para uma edificação alcançar o nível NZEB.

Os três indicadores climáticos interferem no comportamento térmico de uma edificação em função de sua intensidade, frequência de ocorrência e a ação conjugada destes. A Temperatura do Ar Exterior e a Umidade Relativa estão relacionadas diretamente com os parâmetros de conforto de uma edificação e por consequência interferem no balanço energético final. A remoção da Umidade Relativa, nos climas de elevada umidade, tem grande participação no elevado consumo de energia dos sistemas de condicionamento de ar em edificações não-residências no Brasil. A inclusão da Irradiância Solar Global se justifica devido ao ganho térmico e à possibilidade de gerar energia elétrica por meio painéis fotovoltaicos. Desta forma, a consideração destes fenômenos são essenciais para a concepção de conceitos energéticos de edifícios com o padrão “Net Zero Energy Buildings”.

## **2.3 Metodologia proposta para uma classificação climática para edificações com balanço energético anual zero**

Foi identificada, através do cálculo do desvio padrão diário, a variação anual dos três indicadores climáticos para cada localidade. Um desvio padrão maior indica que o

indicador climático está distante da média e por isso apresenta uma maior variação ou amplitude, caracterizando assim o indicador para uma determinada localidade e região. Desta forma, pode-se identificar localidades que apresentam homogeneidade quando estas possuem valores similares de desvio padrão dentro de um intervalo de tolerância.

Para a Temperatura do Ar Exterior, foram determinados os valores da Temperatura do Ar Exterior Média Anual das localidades através das médias mensais de máxima e mínima da Temperatura do Ar. O desvio padrão anual médio para a Temperatura do Ar Exterior foi determinado através dos valores médios diários da Temperatura do Ar. O mesmo procedimento foi adotado para a Umidade Relativa. Para a Irradiância Solar Global, foi considerado nesta análise um valor diário através da soma da Irradiância Solar Global horária para cada localidade. Para garantia de qualidade na aplicação de métodos de agrupamento, os valores “atípicos” ou “outliers” foram eliminados antes da aplicação destes métodos. Estes valores correspondem a aproximadamente 3% do número de elementos da amostra.

A identificação de grupos homogêneos é obtida através de algoritmos que podem ser não-determinísticos, determinísticos e estatísticos, os quais buscam padrões consistentes através de uma lógica específica (BACHER, 2010). Para este estudo, os seguintes métodos foram adotados: método hierárquico UPGMA (Unweighted Pair Method with Arithmetic Mean), Diana (Divisive Analysis Clustering), K-means, PAM (Partitioning Around Medoids), CLARA (CLustering LARge Applications), Fanny (Fuzzy Analysis), SOM (Self-Organizing Map), Model based clustering e SOTA (Self-Organizing Tree Algorithm) (KAUFMAN; ROUSSEUW, 1990; ZHAO, 2013; NG; HAN, 1994)

Para o auxílio na escolha do método mais apropriado e na avaliação da qualidade do agrupamento, determinou-se o Valor da Silhueta  $S(o)$  para cada método. O Valor da Silhueta traz informações sobre a “consistência” e a “separação” de cada grupo. Um método de agrupamento mais adequado a uma determinada distribuição deve apresentar um Valor da Silhueta próximo de 1, podendo variar de -1 à 1. Distribuições com Valores da Silhueta entre 0.5 e 0.7 são consideradas como estruturas plausíveis e a partir de 0.7 são consideradas como estruturas fortes. (BROCK et al., 2011; HÜFTLE, 2006; RAHNENFÜHRER, 2009). Os Valores da Silhueta para cada método estão apresentados na Tabela 1, assim como o método de agrupamento mais apropriado.

**Tabela 1: Valores da Silhueta calculados para os indicadores climáticos**

Algoritmo	Silhueta $S(o)$		
	Temperatura Exterior	Umidade Relativa	Irradiância Solar Global
UPGMA	0.588	0.552	0.589
k-means	0.590	0.552	0.597
<b>Diana</b>	<b>0.590</b>	<b>0.553</b>	<b>0.597</b>
Fanny	0.589	0.540	0.540
SOM	0.589	0.552	0.552
PAM	0.589	0.540	0.540
SOTA	0.589	0.551	0.551
Clara	0.584	0.550	0.545
Model	0.512	0.390	0.389

Os algoritmos de classificação determinístico particional, tais como o K-means, PAM e CLARA, identificam grupos semelhantes em função de um número de clusters (grupos) “k” previamente determinado. Para esta aplicação, adotou-se  $k=2$ , pois o objetivo inicial

é identificar apenas dois grupos e um valor-limite entre os grupos, o qual será utilizado para a classificação climática e delimitação de no máximo 8 regiões homogêneas. Nos outros métodos onde não é possível determinar previamente os números de clusters (grupos), procurou-se escolher os melhores Valores da Silhueta para  $k=2$ . O Método hierárquico divisível Diana (Divisive Analysis Clustering) foi empregado para os três indicadores climáticos pelo fato deste apresentar os melhores Valores da Silhueta e por ser o mais apropriado para as distribuições encontradas (distribuição com áreas irregulares e elementos espaçados) (BACHER, 2010). Para este método, os valores-limites foram determinados através da média aritmética do centroide de cada grupo. A aplicação dos métodos de agrupamento Diana para a Temperatura do Ar Exterior, Umidade Relativa e Irradiância Solar Global está ilustrada nas Figuras 6, 7 e 8, bem como na Tabela 2 com os valores-limite para cada indicador climático.

**Figuras 6, 7 e 8: Diana-Clustering para Temperatura do Ar Exterior, Umidade Relativa e Irradiância Solar Global (2 Grupos)**

**Tabela 2: Valores-limite**

<b>Indicadores Climáticos</b>	
Temperatura do Ar Exterior	22.9 [°C]
Umidade Relativa	76.7 [%]
Irradiância Solar Global	4.8 kWh/m <sup>2</sup>

As regiões com homogeneidade climática foram identificadas pelas localidades que apresentam em comum valores superiores ou inferiores dos valores-limite, em um analogia conjunta entre os três indicadores climáticos, na respectiva ordem: Temperatura do Ar Exterior, Irradiância Solar Global e Umidade Relativa, resultando em possíveis 8 regiões semelhantes por uma lógica binária. Apesar de não existir na comunidade acadêmica nenhuma publicação definindo uma analogia distinta entre os indicadores climáticos para o Brasil aqui em estudo, verificou-se que a Temperatura do

Ar Exterior Média Anual e a Irradiância Solar Global Média apresentam uma certa tendência, diferentemente quando considera-se a Umidade Relativa.

Para exemplificar a formação de uma classe com semelhanças climáticas, pertencem à classe 2 as cidades que possuem Temperatura do Ar Exterior (T ext.) acima de 22.9 [°C], Irradiância Solar Global (ISG) acima de 4.8 [kWh/m<sup>2</sup>] e Umidade Relativa (UR) abaixo de 76.7 [%]. A Tabela 3 apresenta a classificação de 8 classes com semelhanças climáticas.

**Tabela 3: Classificação climática em 8 classes de acordo com os valores-limite.**

	T ext. ≥ 22.9 [°C]		T ext. < 22.9 [°C]	
	UR ≥ 76.7 [%]	UR < 76.7 [%]	UR ≥ 76.7 [%]	UR < 76.7 [%]
ISG ≥ 4.8 [kWh/m <sup>2</sup> ]	1	2	5	6
ISG < 4.8 [Wh/m <sup>2</sup> ]	3	4	7	8

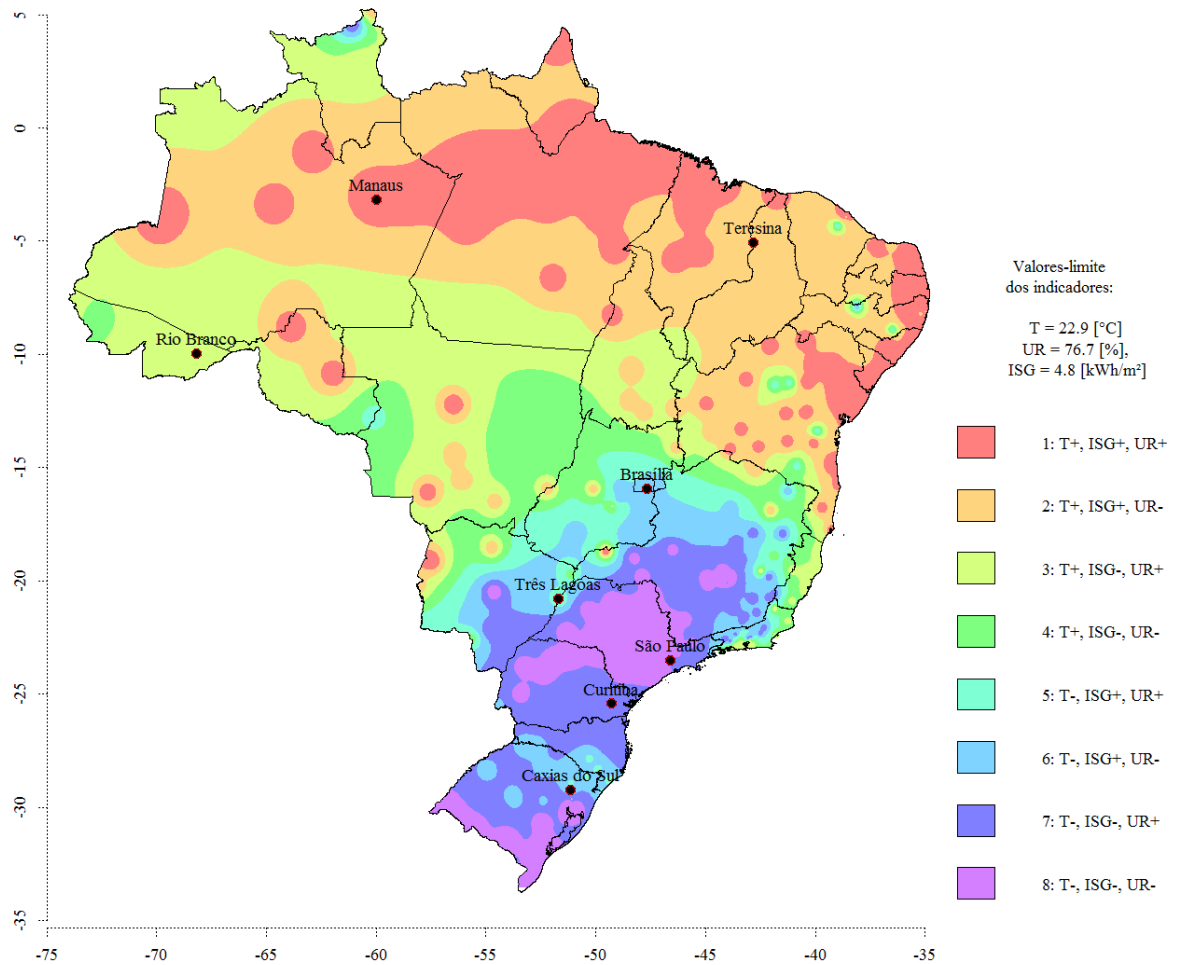
Para a caracterização das demais localidades brasileiras não consideradas diretamente nos cálculos e para a delimitação geográfica das 8 classes climáticas, foi adotado um método de interpolação IDW - Inverse Distance Weighting (inverso da potência das distâncias). Trata-se de um método não-geoestatístico de interpolação o qual utiliza a média ponderada pelo inverso das distâncias conhecidas para calcular os valores desconhecidos (CRISCI et al., 2006).

Conforme Bivan; Pebesma; Gómez-Rubio (2008), a interpolação IDW resulta normalmente em mapas que são muito semelhantes aos mapas gerados por interpolação Kriging, quando o variograma apresenta efeito “pepita nulo”. Em contraste com o Kriging, este método considera apenas o efeito da distância entre os pontos para predição e ignora desta forma a configuração espacial das observações, como acontece com o Kriging. Esta particularidade foi decisiva na escolha por este método, uma vez que o objetivo desta classificação climática é identificar regiões homogêneas que reproduzem somente esta variação climática, independente de outros aspectos geográficos e de métodos de interpolação que podem gerar tendências equivocadas, os quais são destinados à outro tipo de aplicação.

### 3 RESULTADOS

Os resultados da aplicação deste método são apresentados, a seguir. Além da classificação climática do Brasil em 8 classes de acordo com os critérios apresentados na Tabela 3, Cidades-referência foram eleitas para representar cada grupo nos futuros estudos de caso a serem realizados. O critério de escolha das Cidades-referência foi a sua relevância nacional em termos populacionais e de sua proximidade aos valores médios, de tal forma que a cidade escolhida possa ser representativa. A distribuição das Cidades-referência na Classificação Climática resultante dos métodos aqui utilizados também está apresentada na Figura 9. Procurou-se também considerar a representatividade da localidade dentro da respectiva classe e uma possível distribuição uniforme das cidades brasileiras com representantes em regiões distintas no Brasil.

**Figura 9: Classificação Climática Brasileira resultante da aplicação do método aqui descrito e a disposição das Cidades-referência**



**Tabela 4: Escolha das Cidades-referência para cada classe climática.**

Classes climáticas	Cidades-referência
1	Manaus - AM
2	Teresina - PI
3	Rio Branco - AC
4	Três Lagoas - MS
5	Caxias dos Sul - RS
6	Brasília - DF
7	Curitiba - PR
8	São Paulo - SP



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nas hipóteses iniciais foi obtida a definição de uma classificação climática de interesse para o estudo de edificações com balanço anual zero de energia no Brasil. Foram adotados métodos analíticos focados no comportamento de variáveis climáticas em diversas localidades brasileiras. Os três indicadores climáticos aqui utilizados interferem diretamente no comportamento térmico de uma edificação e no balanço energético final e a sua mensuração é indispensável para o desenvolvimento de conceitos energéticos de edifícios com elevado nível de eficiência, padrão “Net Zero Energy Building”. Além destes três indicadores climáticos, outros fatores climáticos que interferem também no desempenho térmico e energético das edificações podem ser considerados nesta classificação climática com o objetivo de torná-la mais ampla e representativa, por exemplo, a influência da velocidade e direção do vento. Sugere-se, desta forma, futuros trabalhos concentrados nestes temas, em especial o grau de complexidade e o método na determinação das classes climáticas com a inserção de novos indicadores.

As etapas subsequentes do trabalho focarão o potencial de alcançar o padrão NZEB para cada uma dessas regiões, o que poderá subsidiar informações para o incentivo à construção de edifícios nesse padrão. Nelas serão verificadas várias hipóteses, como por exemplo, a de que a região 3 e a região 6 são, respectivamente, a menos e a mais adequada à implantação de NZEBs devido às características climáticas de interesse para tal.

A técnica de Clustering aqui adotada identificou classes distintas para a Temperatura do Ar Exterior, Umidade Relativa e Irradiância Solar Global através de estruturas regulares das distribuições. Porém, distribuições mais dispersas dos valores dos indicadores com o desvio padrão podem gerar um Valor da Silhueta para estruturas não-razoáveis, comprometendo a formação de clusters distintos. A inserção de maior número de localidades com medidas confiáveis seria uma possibilidade de verificar de forma mais adequada a dispersão das variáveis e o seu comportamento.

A interpolação IDW desconsidera a configuração espacial das localidades e dependendo da dimensão e disposição destes locais, pode-se observar a formação de “ilhas”. Fenômeno oriundo do próprio método de interpolação, a presença de “ilhas” justifica também a diversidade climática brasileira, a qual pode apresentar significantes variações em pequenas regiões. De forma análoga, este mesmo efeito devido à diversidade climática também pode ser observado em mapas de vegetação e biomas do Brasil. Por fim, o método aqui adotado está isento da influência de outros fatores ou tendências de cálculos de outros métodos de interpolação, os quais podem mascarar esta diversidade climática.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. São Paulo, Abril 2005.
- BACHER, J.; POJE, A.; WENZIG, K. **Clusteranalyse: Anwendungsorientierte Einführung in Klassifikationsverfahren**. Oldenbourg Verlag, ISBN 3486710230, 2010.
- BIVAN, R.; PEBESMA, E.J.; GÓMEZ-RUBIO, V. Applied Spatial Data Analysis with R. Springer Science+Business Media, LLC, ISBN 978-0-387-78170-9, 2008.
- BROCK *et al.* clValid, an R package for cluster validation. Department of Bioinformatics and Biostatistics, University of Louisville, 2011.
- CRISCI, A. *et al.* Meteorological ground-based data interpolation. Institute of Biometeorology National Research Council IBIMET CNR, 2006.
- GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings, v. 18, n. 1, p.11-23, 1992.
- HÜFTLE, M. Methoden zur Segmentierung von Daten. OptiV - Erschließung von Entscheidungs- und Optimierungsmethoden für die Anwendung im Verkehr. Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Operations Research – RWTH Aachen, 2006.
- KAUFMAN, L.; ROUSSEEUW, P.J. Finding Groups in Data: an Introduction to Cluster Analysis. John Wiley & Sons, 1990.
- METEOTEST. **Meteonorm** Version 7.1 – Global Meteorological Database. Swiss Federal Office of Energy. Bern, Switzerland, 2014.
- NG, R.T.; HAN, J. Efficient and Effective Clustering Methods for Spatial Data Mining. Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases, 1994.
- RAHNENFÜHRER J. Partitionierende Clusteralgorithmen. Technische Universität Dortmund. Statistik in der Bioinformatik, 2009.
- RORIZ, M. Uma Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações, 2012a.
- RORIZ, M. Segunda Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações, 2012b.
- TORCELLINI, P.; PLESS, S.; DERU, M. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. **Conference Paper**. National Renewable Energy Laboratory, 2006.
- VOSS, K.; Musall, E. Nullenergie Gebäude: Internationale Projekte Zum Klimaneutralen Wohnen und Arbeiten. DETAIL Green books, EnOB – Forschung für Energieoptimiertes Bauen, 2011
- ZHAO, Y. R and Data Mining: Examples and Case Studies. Academic Press, Elsevier. ISBN: 978-0-12-396963-7, 2013.