

**Análise estatístico-espacial da relação entre conforto térmico e sensação térmica em área urbana: um estudo de caso da Avenida Augusto Montenegro, Km 0 a 3, Belém-PA****Statistical-spatial analysis of the relationship between thermal comfort and thermal sensation in urban area: a case study of August Montenegro Avenue, Km 0 to 3, Belém-PA**

DOI:10.34115/basrv4n3-028

Recebimento dos originais:10/04/2020

Aceitação para publicação:14/05/2020

**Carolina Teixeira Laurido**

Acadêmica de Engenharia Cartográfica e Agrimensura

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: carollaurido20@gmail.com

**Pedro Silvestre da Silva Campos**

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: pedro.campos@ufra.edu.br

**Gabrielle Laredo Leão**

Acadêmica de Engenharia Cartográfica e Agrimensura

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: gabi.laredo11@gmail.com

**Ryan de Azevedo Pereira**

Acadêmico de Engenharia Cartográfica e Agrimensura

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: ryanazevedo36@gmail.com

**Sayuri Brayd Minori**

Acadêmica de Engenharia Cartográfica e Agrimensura

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: sayuribraydminori@gmail.com

**Flávia Luciana Guimarães Marçal Pantoja de Araújo**

Doutora em Ciências Ciências Sociais pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial

Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil

E-mail: flavia\_marcal84@yahoo.com.br

**Raykleison Igor dos Reis Moraes**

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas  
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial  
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil  
E-mail: raykleison.moraes@ufra.edu.br

**Otavio Andre Chase**

Doutor em Engenharia Elétrica e Sistemas de Energia pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial  
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil  
E-mail: otavio.chase@ufra.edu.br

**José Felipe Souza de Almeida**

Doutor em Engenharia Elétrica e Sistemas de Energia pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia • Instituto Ciberespacial  
Endereço: Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501 – Terra Firme, Belém – PA, Brasil  
E-mail: felipe.almeida@ufra.edu.br

**RESUMO**

O intenso processo de urbanização afetou diretamente as condições ambientais, resultando nas mudanças climáticas e conseqüentemente houve uma alteração no sistema climático urbano nas cidades. O objetivo desse trabalho foi a realização de análise estatística da relação entre o conforto térmico e sensação térmica de indivíduos belenenses da região entre o Entroncamento e o Estádio do Mangueirão do km 0 ao km 3, na avenida Augusto Montenegro, Belém – PA, e como esses fatores podem estar relacionados com o planejamento urbano. O estudo foi realizado baseando-se em pesquisas bibliográficas e de campo, onde foram obtidos dados de sensação e conforto térmico por meio da aplicação de questionários dirigidos a transeuntes em pontos pré-estabelecidos. Foram aplicados 120 questionários em horários específicos. Os dados foram processados no programa de linguagem R, sendo posteriormente analisados estatisticamente. Os resultados mostram que fatores externos possuem maior influência no conforto térmico do que fatores fisiológicos.

**Palavras-Chave:** Conforto ambiental, Bem-estar, Planejamento urbano, Teste qui-quadrado; Modelo de regressão logística ordinal.

**ABSTRACT**

The intense urbanization process directly affected environmental conditions, resulting in climate change and consequently there was a change in the urban climate system in cities. The objective of this work was to perform a statistical analysis between the relationship of the thermal comfort and thermal sensation to individuals on the region between Entroncamento and Estádio do Mangueirão at Augusto Montenegro Avenue from km 0 to km 3, Belém – PA; and how these factors may be related to urban planning. The study was based on bibliographic and field researches, where sensation and thermal comfort data were obtained through the application of questionnaires addressed to passers-by at pre-established points. A total of 120 questionnaires were applied at specific times. The data were processed in the R language and later statistically analyzed. The results show that external factors have a greater influence on thermal comfort than physiological factors.

**Keywords:** Environmental comfort, Wellness, Urban planning, Chi-square test, Ordinal logistic regression model.

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização se caracteriza como um dos processos mais marcantes na sociedade atual, resultando na substituição das estruturas naturais por construções, alterando diretamente as condições ambientais. De acordo com França (2015), o processo de urbanização no Brasil a partir de 1980 foi caracterizado por ser acelerado e desordenado. Com isso, ocasionando mudanças no sistema climático urbano, alterando assim o conforto térmico dos habitantes nas grandes cidades, tendo em vista que este está ligado a qualidade de vida da população.

No que tange à área de estudo, o histórico de ocupação da avenida Augusto Montenegro se inicia por volta de 1960, sendo anteriormente ocupada por fazendas e, a partir de então, por conjuntos habitacionais. No decorrer das décadas seguintes tal ocupação sucedeu-se de maneira a valorizar urbanamente a área, passando a ter condomínios de alta renda após os anos de 1990. Com os projetos para melhorar a mobilidade urbana da Região Metropolitana de Belém, a área da Avenida Augusto Montenegro recebeu intensas modificações, sofrendo mudanças significativas devido a retirada da cobertura vegetal, ocasionando discrepâncias climáticas nesta região e impactando a população local (SOUZA, 2016).

Segundo Junior (2012), o início dos estudos relacionados ao conforto térmico foi por volta do século XIX na Europa, quando estava acontecendo o início dos movimentos para a melhoria das condições de trabalho nas indústrias metalúrgicas e têxteis. O conforto térmico pode ser definido como uma sensação humana subjetiva que depende de fatores físicos, que determinam as trocas de calor do corpo com o meio, fisiológicos, que referem-se a alterações na resposta fisiológica do organismo resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica, e psicológicos, que se relacionam às diferenças na percepção e na resposta de estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo (LAMBERT et. al 2011).

Segundo Oliveira (1996), a vegetação traz grandes benefícios para uma área urbana. Entre eles está a influência no controle climático e poluição do ar, valorização de áreas de convívio social e propriedades do entorno, efeitos no conforto da população afetando sua saúde mental, física e qualidade de vida. Ademais, segundo o IBGE, a cidade de Belém tem como clima o equatorial úmido, com altas temperaturas e altos índices pluviométricos ao longo de todo o ano, ressaltando que além da vegetação, os projetos arquitetônicos de ambientes climatizados também podem influenciar na percepção de conforto e sensação térmica da população. Logo, além de considerar a relação entre conforto térmico e sensação térmica, é importante levar em conta um planejamento urbano para a melhoria dos diversos fatores mencionados.

Segundo Ambrizzi (2014), o clima é uma das principais características do meio ambiente, chegando até a influenciar a forma de vida de quem habita uma determinada área, sendo ele muito influenciado pelos materiais que constituem a superfície urbana. Logo, a escolha desse assunto se deve ao fato da cidade de Belém já se caracterizar por ter altas temperaturas e clima quente. Portanto, entender a influência disso na sociedade belenense pode mudar a perspectiva sobre o planejamento urbano.

Gomes e Amorim (2003) retratam que áreas construídas como nos grandes centros produzem maiores alterações no clima local, por outro lado áreas arborizadas apresentam um clima diferente, muitas vezes mais ameno. Com base nisso deu-se a escolha do lugar de estudo – trecho da avenida Augusto Montenegro – caracterizado por diferentes níveis de arborização e área construída, onde se encontra a construção de rodovias e estações do Bus Rapid Transit (BRT) e a área de preservação da Marinha do Brasil, sendo assim fundamental para esse estudo observar como a população se sente nessas diferentes áreas.

Portanto, esta pesquisa versa sobre a análises estatístico-espaciais da relação entre o conforto e a sensação térmica da avenida Augusto Montenegro, uma das áreas mais urbanizadas de Belém-PA.

## **2 OBJETIVOS**

Coletar dados quanti-qualitativos sobre conforto térmico e sensação térmica de diferentes pontos da Av. Augusto Montenegro. Realizar uma análise estatístico-espacial da relação entre o conforto térmico e sensação térmica de indivíduos belenenses da região entre o Entroncamento e o Estádio do Mangueirão do km 0 ao km 3, na avenida Augusto Montenegro, Belém – PA. Identificar como esses fatores podem estar relacionados com o planejamento urbano. Verificar a percepção de conforto e sensação térmica da população belenense e sua relação com as características urbanas, além de sugerir ações que melhorem o conforto térmico local.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A coleta de dados foi efetuada por meio da aplicação de questionários em pontos pré-determinados, conforme mostra a Figura 1. De modo a obter uma melhor visão do conforto térmico do trecho de estudo como um todo, foi aplicado um total de 120 questionários a transeuntes que frequentam a região igualmente divididos entre os pontos, com uma porção matutina (9:00 a 12:00) e uma vespertina (16:30 a 18:30).



Figura 1. Mapa de localização dos pontos de entrevista  
 Fonte: Google Earth Pro (2019)

Os parâmetros levantados a partir do questionário foram idade, gênero, peso aproximado e vestimenta, referentes à fisiologia do entrevistado. A idade, pelo fato de que pessoas mais velhas são mais sensíveis a mudanças de temperatura (MONTANHEIRO, 2016), gênero, devido a mulheres manifestarem mais insatisfação diante de condições de desconforto (BESHIR & RAMSEY, 1981), peso, pois a adiposidade impacta na transferência de calor com o ambiente (MENEGATTI, 2018), e vestimenta, por dificultar a saída de calor do corpo (RUAS, 1999). Por fim, foram questionados a respeito da sensação e o conforto térmico dentro de escalas. A sensação térmica pode ser definida como a temperatura aparente sentida pela pele exposta, resultando de uma combinação entre velocidade do vento e a temperatura do ar (FILHO et. al., 2010).

A partir das informações coletadas em campo foi gerado, no *software* QGIS, um Mapa de Kernel que representa as variações de conforto térmico presentes na região.

Mapa de Kernel é uma técnica de estimativa de densidade de dados vetoriais pelo uso de interpolação espacial. Quanto maior a densidade de pontos em uma determinada área, maior é a superfície gerada. O resultado é um “mapa de calor”, onde a intensidade das cores representa diferentes densidades de pontos em um determinado local (LONGLEY et. al. 2015 apud BORGES et. al. 2018). No processo de elaboração do mapa, foram utilizados os dados de conforto térmico dentro de uma escala

arbitrária de 1 (Muito Confortável) a 5 (Muito Desagradável), fazendo-se uma média entre as classes de cada ponto e atribuindo esse valor à coordenada do mesmo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados de campo baseou-se na inquirição dos questionários. Esta pesquisa contou com 120 respostas, sendo 59,2% dos entrevistados foram do gênero feminino e 40,8% do masculino. Do total de dados coletados, as informações de vestimenta dos usuários foram desconsideradas por não apresentarem variação significativa.

A partir destes questionários passados à população e as metodologias empregadas neste trabalho pode-se fazer uma análise em dois turnos (manhã e tarde). Comparou-se esses períodos nos 12 pontos levantados e, com isso, foi-se analisar o conforto térmico em ambos. O raio de interpolação utilizado foi de 200 metros, mas para efeito de interpretação considera-se apenas as regiões circundantes à avenida, por volta de 10 metros.

Assim, pela parte da manhã, conforme mostra a Figura 2 pode-se perceber que os corpos arbóreos do ponto 1 ao 5 possuem pouca influência no conforto térmico devido à pouca vegetação no local, causando assim um maior desconforto nessa área, de acordo com a opinião da população local. Todavia, do ponto 5 ao 8 possuem uma grande quantidade de vegetação onde fez com que houvesse um maior conforto térmico.

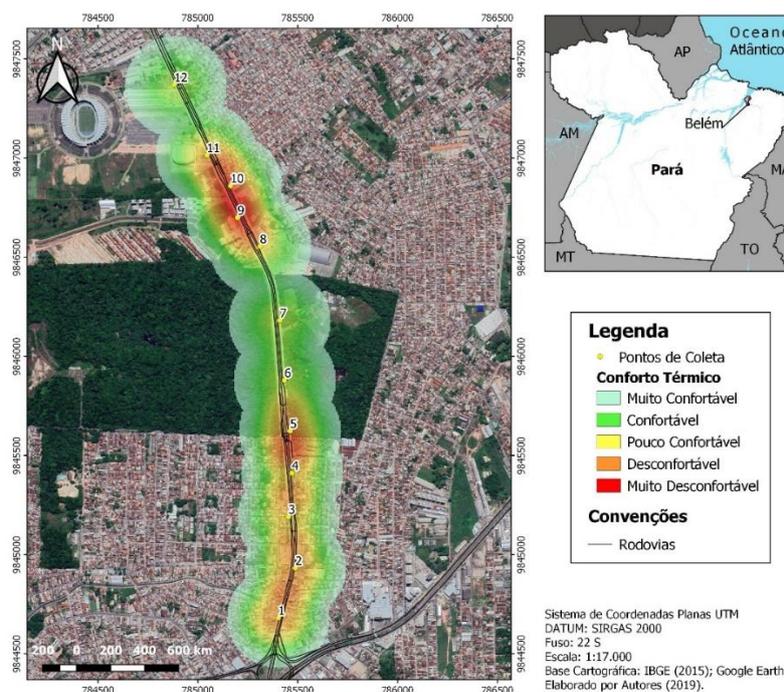


Figura 2. Mapa de conforto térmico do período da manhã.  
 Fonte: Autores (2019).

Contudo, em relação ao ponto 8 ao 11, foi possível observar que o desconforto é provocado devido a verticalização nesse trecho, gerando assim uma barreira do fluxo de vento, aquecendo a atmosfera e ocasionando no fenômeno das ilhas de calor, como explica Bernatzky (1982). Entretanto, no ponto 12 foi possível observar um maior conforto térmico, pelo fato dessa área ser mais aberta, ou seja, as edificações terem um gabarito menor. De acordo com o Plano Diretor da cidade de Belém, na Lei nº 8.655, de 30 de junho de 2018 do Art. 137, gabarito de altura é o número máximo de pavimentos permitido para a edificação.

No período da tarde, conforme apresenta Figura 3 obteve-se um resultado semelhante, porém houve um aumento do conforto térmico do ponto 1 ao 5 e do 8 ao 11. Diferentemente do ponto 12 que apresentou um maior desconforto em relação ao período da manhã por consequência da evaporação d'água devido ao contato da precipitação com asfalto e concreto gerando o mormaço. Segundo Paula (2004), a substituição dos materiais naturais pelos urbanos acarreta nas mudanças das características da atmosfera local, conseqüentemente, aumentando a temperatura da região.

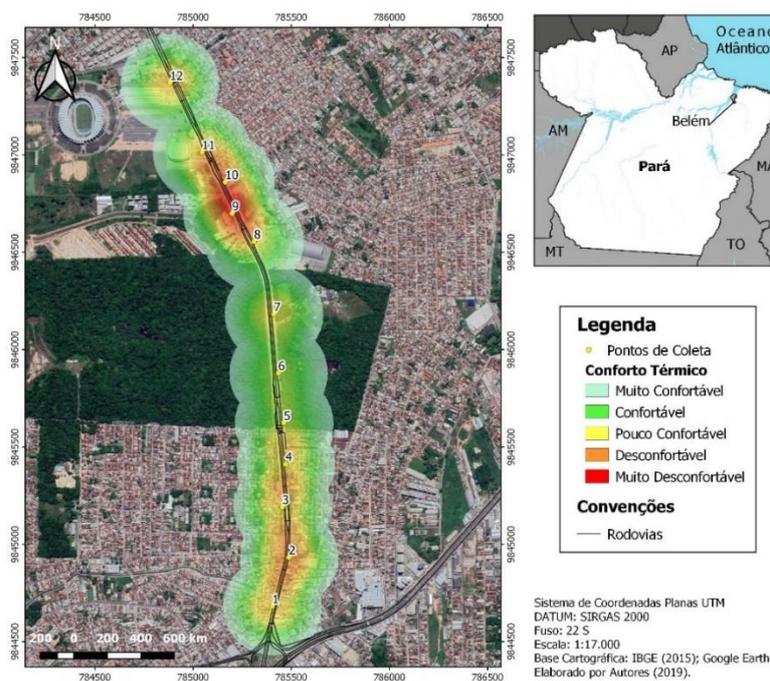


Figura 3. Mapa de conforto térmico do período da tarde.  
Fonte: Autores (2019).

Quanto ao teste qui-quadrado para verificar a associação entre a sensação e o conforto térmico apresentou-se altamente significativo, com p-value da ordem de  $1,215.10^{-6}$ , ratificando o quanto que a temperatura em determinado local influencia no bem-estar de quem o frequenta.

Foi ajustado o Modelo de Regressão Logística Ordinal (MRLO) para modelar a sensação de conforto térmico, o MRLO relaciona por meio de modelos matemáticos uma única variável dependente categórica com variáveis independentes contínuas e/ou categóricas, que influenciam a ocorrência de um evento (HAIR et al., 2005). Para este MRLO, os fatores que mais apresentaram associação com o conforto térmico foram a umidade relativa do ar ( $p\text{-value} = 8,859777.10^{-10}$ ), seguida pela temperatura ( $p\text{-value} = 5,931692.10^{-6}$ ).

Conforme Junior et. al (2012), isso se deve ao fato de que o corpo humano se resfria por meio da transpiração, na qual a água contida no suor evapora e retira calor do corpo; entretanto, quando a umidade relativa do ar é alta, a taxa de evaporação da água é reduzida, fazendo com que o calor corporal seja removido do corpo a uma taxa mais baixa, mantendo mais calor no corpo do que em uma situação de ar seco. Uma umidade relativa do ar elevada, associada a uma alta temperatura do ar, aumenta os riscos de exaustão por calor, insolação ou outros problemas de saúde associados, podendo levar o indivíduo o óbito.

Em contrapartida, gênero ( $p\text{-value} = 2,836269.10^{-1}$ ), idade ( $p\text{-value} = 6,430285.10^{-1}$ ), altura ( $p\text{-value} = 1,232628.10^{-1}$ ), peso ( $p\text{-value} = 3,906894.10^{-1}$ ), e a percepção de temperatura dos entrevistados ( $p\text{-value} = 1,869709.10^{-2}$ ) apresentaram menor correlação se comparado com as variáveis atreladas ao ambiente em si. O fato de que fatores externos possuem maior influência na percepção de conforto enfatizam o postulado de Basso e Corrêa (2014), de que o microclima urbano influencia e é influenciado pelas ações humanas sobre o meio, sendo necessário o interesse de arquitetos e planejadores em desenhar espaços exteriores que foquem a otimização ambiental e a valorização humana e busquem assegurar maior conforto ambiental a seus usuários.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Quanto a realização do teste qui-quadrado, este apresentou um alto indicio de associação que resultou na esperada conclusão de que a temperatura possui alta relevância no bem-estar dos indivíduos.

Pela análise do mapa de Kernel visualizou-se uma divergência de conforto térmico em porções da área de estudo intrínseca a fatores como cobertura vegetal e urbanização. De modo a atenuar os problemas causados pela remoção da cobertura vegetal, levantamentos como o aqui apresentado tornam-se de extrema importância, pois por envolver espacialização de fenômenos através do mapeamento, podem promover um melhor planejamento de obras por auxiliarem na tomada de decisão, seja evitando a remoção de árvores em áreas que já apresentem desconforto térmico ou efetuando o plantio de culturas arbóreas adequadas nesse ambiente. É imperioso no cerne do planejamento urbano um maior

investimento em projetos arquitetônicos que priorizem a cobertura vegetal, a fim de efetivar um conforto térmico adequado para a região.

No Modelo de Regressão Logística Ordinal (MRLO) foi observada maior associação do conforto térmico com a umidade relativa do ar e à temperatura. Já as variáveis de gênero, idade, altura, peso e a percepção de temperatura dos entrevistados correlacionaram-se de forma inferior as variáveis relacionadas ao ambiente, destacando que fatores externos possuem uma maior influência na percepção do conforto térmico.

Com base nisso, é importante ressaltar que a cidade de Belém já tem uma pré-disposição a ser desconfortável termicamente, o que significa que além de um paisagismo planejado, é necessário o planejamento de arquiteturas diferenciadas com destaque para ambientes climatizados como objetivo de promover o bem-estar da população.

**REFERÊNCIAS**

- AMBRIZI, T. **Variabilidade e mudança no clima: passado, presente e futuro**. In: CORTESE, T.; NATALINI, G. (Org.). Mudanças climáticas: do global ao local. Barueri: Editora Manole Ltda, p. 1-38, 2014.
- BASSO, J. M.; CORRÊA, R. S. **Arborização urbana e qualificação da paisagem**. Revista Paisagem e Ambiente, n. 34, p. 129-148, 2014.
- BERNATZKY, A. **The contribution of trees and green spaces to a town climate**. Energy and Buildings, v. 5, p. 1-10, 1982.
- BESHIR, M.Y.; RAMSEY, J. D. **Comparison between male and female subjective estimates of thermal effects and sensations**. Applied Ergonomics, v. 12, n. 1, p. 29–33, 1981.
- BORGES, D. A. B.; LIMA, E. R. V.; SANTOS, J. S.; CUNHA, M. C. L. Análise da arborização urbana na cidade de Patos/ PB. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n. 4, p. 1343 – 1359, 2018.
- FILHO, M. R. T.; AZEVEDO, C. D. S. **Estudo da sensação térmica no município de Mata Grande em Alagoas**. 2010.
- FRANÇA, M. S.; MAITELLI, G. T.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; FRANÇA, S. M. B.; HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. Trad. Adonai Schlup Sant’Anna e Anselmo Chaves Neto. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. p. 32.
- JORESKOG, K.; SORBOM, D. **Lisrel 8: user’s ference guide**. Chicago, Inc. 1996.
- JUNIOR, J. A. S.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R.F.; GALBRAITH, D. **Análise da distribuição espacial do conforto térmico da cidade de Belém, PA no período menos chuvoso**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, n. 2, p. 218-232, 2012.
- JUNIOR, J. A. S.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; SOUZA, E. B. **Relações entre as percepções térmicas e índices de conforto térmico dos habitantes de uma cidade tropical na Amazônia Oriental**. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 3, n. 2, p. 395-407, 2012.
- LAMBERTS, R; XAVIER, A. A.; GOULART, S.; VECCHI, R. **Conforto e Stress Térmico**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/ Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- MENEGATTI, M. C. et al. Influência no índice de massa corpórea e frequência de atividades físicas no conforto térmico humano: análise estatística de dados e estudo de campo com usuários de escritórios em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 3, p. 119-133, 2018.
- MONTANHEIRO, F. P. **A percepção térmica de idosos brasileiros em sala com ar condicionado: uma abordagem inicial**. PARC Pesquisa Em Arquitetura E Construção, v. 7, n. 4, p. 202-210, 2016.

NOGUEIRA, J. S. **Estimativa de índices de conforto térmico na cidade de Cuiabá/MT.** Caminhos de Geografia, v. 16, n. 55, 2015. PAULA, Roberta Zakia Rigitano. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído.** 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2004.

OLIVEIRA, C. H. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Ecologia Urbana.) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. 132 p. São Carlos, 1996.

Pará – IBGE – Panorama. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>. Acesso em 11/12/2019 as 23h.

RUAS, A. C. **Conforto térmico no ambiente de trabalho.** São Paulo: Fundacentro, 1999.

SOUZA, R. D. P. **Área de expansão em Belém: Um espaço de múltiplas vivências.** 138 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Pará, Pará, 2016.