



**Serviço Público Federal
Universidade Federal do Pará**

Campus Universitário de Altamira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

PPGBC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Elnatan Ferreira Feio

**ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES NA ZONA URBANA DE ALTAMIRA -
PARÁ: ÍNDICES ESPACIAIS E DIVERSIDADE FLORÍSTICA**

Orientadora: Profa. Dra. Raírys Cravo Herrera

Coorientador: Prof. Dr. Gabriel Alves Veloso

ALTAMIRA - PA
DEZEMBRO – 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE
CONSERVAÇÃO

Elnatan Ferreira Feio

ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES NA ZONA URBANA DE ALTAMIRA -
PARÁ: ÍNDICES ESPACIAIS E DIVERSIDADE FLORÍSTICA

Orientadora: Profa. Dra. Raírys Cravo Herrera

Coorientador: Prof. Dr. Gabriel Alves Veloso

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

ALTAMIRA - PA

DEZEMBRO – 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE
CONSERVAÇÃO

Elnatan Ferreira Feio

ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES NA ZONA URBANA DE ALTAMIRA -
PARÁ: ÍNDICES ESPACIAIS E DIVERSIDADE FLORÍSTICA

Orientadora: Profa. Dra. Raírys Cravo Herrera
Coorientador: Prof. Dr. Gabriel Alves Veloso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alisson Rodrigo Souza Reis
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação-PPGBC

Prof. Dr. Wellington de Pinho Alvarez
Faculdade de Geografia – UFPA/Altamira

Prof. Dr. Maurício Möller Parry
Faculdade de Ciências Biológicas – UFPA/Altamira

ALTAMIRA - PA
DEZEMBRO – 2022

DEDICATÓRIA

A Deus, pelo dom da vida.

EPÍGRAFE

“Preservar a biodiversidade é respeitar todos os mecanismos que favorecem à existência humana”.

José Aloísio Portes

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo imenso amor.

À professora Raírys Cravo Herrera pela orientação e muitas sugestões postas ao trabalho, muito obrigado por tudo.

Ao professor Gabriel Alves Veloso pela orientação no trabalho que foi essencial para enfrentar os desafios postos à frente. Muito obrigado.

Aos familiares que mesmo com tantos problemas se juntam e cooperam na vida, sempre dispostos a ajudar quem precisa. A união faz a força!

A minha mãe Rosa Alves Ferreira, pelo grande exemplo de humildade, honestidade e sinceridade; a qual ama os filhos e os defende como uma “leoa” das “hienas” da vida.

Ao meu pai Edmilson Rodrigues Feio, pelo exemplo de vida sincera, humilde e honesta; o qual sempre cuida de todos os filhos como se fossem ainda “crianças”. O amor não vê idade!

Aos amigos que conquistamos ao longo da nossa trajetória de vida, que contribuem sempre para o nosso aprendizado.

Aos amigos(as) Haroldo Junior, Felipe Maia, Silnara Bento, Giorgio Chiarini, Margarida Freitas, Michael Pereira, Patrick Teixeira, Gleyciane Brandão, Moira Veloso, Carlos Eduardo, Tiago Coutinho, por toda ajuda que me ofereceram ao longo dessa caminhada; é sempre muito magnífico saber que temos amigos que nos ajudam e cooperam para que tudo aconteçam da melhor forma possível. Muito obrigado pelas dicas, correções e ensinamentos.

Enfim, a todos os amigos que os nomes são impossíveis de serem colocados todos aqui, mas que direta e indiretamente nos ajudam sempre com muito carinho e amizade.

Sumário	
RESUMO GERAL	9
OVERVIEW	10
INTRODUÇÃO GERAL	11
OBJETIVOS GERAIS	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
LITERATURA CITADA	15
ARTIGO I	17
ÍNDICES ESPACIAIS DA ARBORIZAÇÃO NA CIDADE DE ALTAMIRA – PARÁ	17
SPATIAL INDEX OF ARBORIZATION IN THE CITY OF ALTAMIRA – PARÁ	17
ÍNDICE ESPACIAL DE ARBORIZACIÓN EN LA CIUDAD DE ALTAMIRA – PARÁ	17
RESUMO	17
ABSTRACT	18
RESUMEN	18
INTRODUÇÃO	19
MATERIAL E MÉTODOS	21
Área de Estudo	21
Metodologia de validação dos dados	22
RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
Análise da densidade da arborização urbana	23
Análise quantitativa dos resultados	28
CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ARTIGO II	38
EXPANSÃO URBANA E SUA INFLUÊNCIA NO MICROCLIMA NA CIDADE DE ALTAMIRA	38
URBAN EXPANSION AND ITS INFLUENCE ON THE MICROCLIMATE IN THE CITY OF ALTAMIRA	38
Resumo	38
Abstract	40
INTRODUÇÃO	40
MATERIAL E MÉTODOS	42
Caracterização da Área de Estudo	42
Aquisição das imagens para análise termal	43
Análise da temperatura na cidade de Altamira dos anos de 2011 e 2021	44
CONCLUSÃO	50

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ARTIGO III	54
COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE FLORÍSTICA DAS ÁRVORES PRESENTE NOS BAIRROS CENTRAIS DA CIDADE DE ALTAMIRA	54
COMPOSITION AND FLORISTIC DIVERSITY OF THE TREES PRESENT IN THE CENTRAL NEIGHBORHOOD OF THE CITY OF ALTAMIRA	54
RESUMO	54
ABSTRACT	56
INTRODUÇÃO	56
MATERIAL E MÉTODOS	57
Área de estudo	57
Metodologia	58
RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
Análise da diversidade florística da arborização	61
Análise do Índice de Diversidade	67
CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS	71
CONCLUSÃO GERAL	73

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização geográfica da sede municipal de Altamira - Pará.	21
Figura 2 - Zoneamento e Parcelamento da Área Urbana de Altamira.	24
Figura 3 - Esquema de classificação para a cobertura vegetal urbana.	25
Figura 4 - Densidade da arborização do perímetro urbano de Altamira - Pará.	26
Figura 1 - Localização da cidade de Altamira – Pará.	42
Figura 2 - Fluxograma das etapas de obtenção da temperatura.	43
Figure 3 - Expansão do perímetro urbano de Altamira de 2009 à 2015.	44
Figura 4 - Mapa de Temperatura da Zona Urbana de Altamira para 2011 e 2021.	46
Figura 1 - Localização geográfica da sede municipal de Altamira - Pará.	58
Figura 2 - Localização dos bairros do levantamento arbóreo.	59
Figura 3 - Levantamento das espécies de árvores presentes nos bairros Centrais de Altamira.	59

RESUMO GERAL

Nas últimas décadas, o interesse por estudar o processo de urbanização nas cidades tornou-se um assunto de extrema importância, visto que, quando esse fenômeno não é trabalhado com planejamento, desprezando as diferenças regionais, torna-se difícil projetar cidades mais sustentáveis. Uma das formas de alcançar esta sustentabilidade é a promoção de ações que incentivem a inserção da arborização que consiga surtir efeitos positivos, tal como a amenização do calor decorrido do asfaltamento e concretização dos espaços urbanos. Assim, a promoção da arborização nas cidades é um dos meios de minimizar os efeitos adversos do clima nas cidades e melhorar a qualidade de vida dos habitantes. Este trabalho foi realizado na sede do município de Altamira, localizada na região Sudoeste do Estado do Pará. Foi desenvolvido em três etapas: (i) realização do mapeamento da arborização a partir da vetorização manual para geração de uma nuvem de pontos que possibilitou a análise, por meio da aplicação da Estatística de Densidade Kernel, da distribuição espacial das espécies arbóreas utilizando cálculo das estimativas de parâmetros ambientais como: Índices de Cobertura Vegetal (ICV) e Percentual de Cobertura Vegetal (PCV); (ii) aquisição de imagens de sensoriamento remoto com baixa nebulosidade durante o período de estiagem, referente aos anos 2011 e 2021 dos Satélites Landsat 5 sensor TM e Landsat 8 Sensor Tirs, respectivamente, com imagens adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); e (iii) levantamento do censo arbóreo em três bairros da cidade a partir dos índices de coberturas maiores calculados na primeira etapa da pesquisa para determinar os Índices de Diversidade de Shannon-Weaver, Simpson e Equabilidade de Pielou. Observou-se que a distribuição da arborização da cidade de Altamira é muito variável e deficiente, onde a maioria dos bairros da cidade apresenta um déficit na densidade de árvores. Os bairros centrais são os mais consolidados e apresentaram maiores densidades de indivíduos. O PCV foi de 0,49% e ICVH de 1,72 m² de copa/habitante, valores abaixo do recomendado pela Organização das Nações Unidas - ONU e Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - SBAU. Para o ano de 2011, as condições térmicas terrestres da cidade de Altamira variaram entre a mínima de 23,97°C e máxima de 34,80°C, mantendo uma constante em torno de 32°C na área urbanizada, destoando da temperatura máxima registrada de 34°C em poucos pontos da cidade, com temperatura média de 32,09°C nos bairros centrais e mais urbanizados. Em 2021, a temperatura da cidade de Altamira alcançou mínima de 23,35°C e máxima de 33,89°C. O resultado do cálculo dos índices para os bairros Premem, Jardim Uirapuru e Esplanada do Xingu, apresentaram os seguintes valores, respectivamente: a) diversidade de Shannon-Weaver (H'): 1,734, 1,816, 2,28; b) Equabilidade de Pielou (J'): 0,65, 0,57, 0,72, e c) Simpson (C): 0,69, 0,71, 0,85, respectivamente. A análise qualitativa indicou que quanto maior o valor de C , menor é a diversidade de espécies, portanto, a maior diversidade distribuída encontra-se no bairro Premem. Para a análise quantitativa, foram catalogados 793 indivíduos arbóreos, divididos em 61 espécies, pertencentes à 40 famílias botânicas, para os quais se verificou que 68% são espécies exóticas e 32% nativas. Observa-se que o arranjo da espacialização da arborização urbana não acompanhou o crescimento da malha urbana, permitindo o surgimento de zonas com pouca densidade arbórea, o que demonstra que há urgência à elaboração de política que contemple áreas verdes na cidade, de modo a humanizar as vias e logradouros públicos e contribuir para a regulação do microclima altamirense, com efeitos positivos no bem-estar da população e daqueles que por aqui transitam. Desta forma, este estudo possui os atributos necessários para subsidiar ao planejamento urbano em ações que visem a promoção do conforto e a futura atenuação dos eventos de sensação térmica, valorizando para isto o plantio de espécies nativas em detrimento das exóticas.

Palavras-chave: Arborização Urbana; Densidade; Urbanização; Geotecnologias; Índices Ambientais.

OVERVIEW

In recent decades, the interest in studying the urbanization process in cities has become an extremely important subject, since this phenomenon is not planned. Disregarding regional differences, it becomes very distant to design more sustainable cities. One of the ways to achieve this sustainability is by promoting actions that encourage the insertion of afforestation achieving positive effects, such as the alleviation of the heat resulting from asphalted and the implementation of urban spaces. Thus, the promotion of afforestation in cities is one of the ways to minimize the adverse effects of climate in cities and improve the quality of life of the inhabitants. This work was carried out at the headquarters of the municipality of Altamira, located in the southwest region of Pará state. It was performed in three stages: (i) mapping of tree planting from manual vectorization to generate a cloud of points that enabled the analysis through the application of Kernel Density Statistics of the spatial distribution of tree species using calculation of environmental parameters for estimative, such as Vegetation Coverage Index (CVI) and Percentage of Vegetation Coverage (PCV); (ii) acquisition of remote sensing images with low cloudiness during the dry season, referring to the years 2011 and 2021 from the Satellites Landsat 5 Sensor TM and Landsat 8 Sensor Tirs, respectively, with images acquired on National Institute for Space Research (INPE) website; and (iii) survey of tree census in three neighborhoods of the city based on the largest coverage indices calculated in the first stage of the research to determine the Shannon-Weaver, Simpson, and Pielou Equability Indices. It was observed that the distribution of afforestation in Altamira is very variable and deficient, where most of the city's neighborhoods have a tree density deficit. The central neighborhoods are the most consolidated and have the highest densities of individuals. The PCV was 0.49% and the ICVH was 1.72 m² of canopy/inhabitant. Values under recommended by the United Nations Organization - UN and the Brazilian Society of Urban Arborization - SBAU. For the year 2011, the terrestrial thermal conditions in the city of Altamira varied between a minimum of 23.97°C and a maximum of 34.80°C, maintaining a constant around 32°C in the urbanized area, out of line with the maximum temperature 34°C was registered in a few points of the city, with an average temperature of 32.09°C at Centro neighborhood. In 2021, the temperature in Altamira reached a minimum of 23.35°C and a maximum of 33.89°C. The result of calculating the indices for the Premem, Jardim Uirapuru and Esplanada do Xingu neighborhoods showed the following values, respectively: a) Shannon-Weaver diversity (H'): 1.73, 1.81, 2.28; b) Pielou equability (J'): 0.65, 0.57, 0.72, and c) Simpson (C): 0.69, 0.71, 0.85, respectively. Qualitative analysis indicated that the higher the value of C, the lower the diversity of species, therefore, the highest distributed diversity is found in the Premem neighborhood. For the quantitative analysis, 793 tree individuals were cataloged, divided into 61 species, belonging to 40 botanical families which was found that 68% are exotic species and 32% are native. It is observed that the arrangement of the spatial distribution of urban trees did not follow the growth of the urban fabric, allowing the emergence of areas with low tree density which ended up in the urgency of a policy elaboration that contemplates green areas in our city, in order to humanizing roads and public areas and contributing to the regulation of the microclimate in Altamira, with positive effects on the well-being of the population and those who transit through here. Thus, this study has the necessary attributes to support urban planning in actions aimed at promoting comfort and the future attenuation of thermal sensation events, valuing the planting of native species to the detriment of exotic ones.

Keywords: Urban Afforestation; Density; Urbanization; Geotechnologies; Environmental Indexes.

INTRODUÇÃO GERAL

O processo de urbanização é um dos fenômenos atuais que está presente no mundo, mas especificamente nos países em desenvolvimento como o Brasil, o que provoca a diminuição de extensas áreas da cobertura vegetal. A urbanização gera variados problemas ambientais, dentre eles as mudanças adversas no microclima e na paisagem, afetando a qualidade de vida e a saúde da população (CAJAIBA; SILVA, 2017). Nesta perspectiva, é fator preponderante para as modificações do ambiente urbano, causando desconforto térmico aos moradores locais.

Diante das atuais tendências de expansão urbana, estima-se que até 2030 as áreas urbanizadas sofrerão aumento entre 800 mil e 3,3 milhões de quilômetros quadrados, o que representaria de duas a cinco vezes a área ocupada em 2000, incorporando 60% de novas áreas (SECRETARIAT OF THE CONVENTION BIOLOGICAL DIVERSITY, 2012).

Do ponto de vista ambiental, o aumento das áreas urbanizadas projetado para as próximas décadas representa uma série de impactos significativos à qualidade ambiental urbana como maior impermeabilização do solo, incremento nas emissões de gases tóxicos, aumento da geração de resíduos sólidos, aumento da temperatura e o risco de enchentes (MAZETTO, 2000; ARIZA e SANTOS, 2008; MINAKI e AMORIN, 2012; LOCKE e BAINE, 2015).

Na Amazônia, a urbanização vem ocorrendo por diversos fatores, mas o que mais implicou nessas mudanças foram os incentivos governamentais que tinha como meta a ocupação das áreas com potencial desenvolvimento econômico. A implantação de grandes projetos na região foi a mola propulsora para iniciar um processo de migração de pessoas em busca de oportunidades de trabalho e com isso cidades que absorveram esse contingente populacional, incentivados pela especulação imobiliária resultou na expansão da malha urbana (BECKER, 2001, p.137; NASCIMENTO, 2009).

Nos últimos anos, a cidade de Altamira passou por processo de mudanças extremamente acelerado, principalmente no quesito socioambiental a partir da expansão da malha urbana, que culminou com o aumento exponencial da população da zona urbana de forma rápida e sem um planejamento adequado, desconsiderando diversos critérios, dentre eles a arborização como fator primordial para amenizar os efeitos deletérios do clima. Essas mudanças trouxeram diversos problemas para o cotidiano dos munícipes, ao não oferecer um

ambiente com condições favoráveis, de modo a contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

As árvores presentes nas vias, alamedas e áreas públicas oferecem inúmeros benefícios tais como purificação do ar, amortecimento dos ruídos automotores e melhoria das condições edafoclimáticas. Assim, a arborização urbana é a forma mais eficiente de melhorar as condições ambientais da cidade, possibilitando vivência harmônica e sustentável, já que a cobertura vegetal urbana se assemelha ao ambiente natural. Portanto, em cidades com maiores índices arbóreos as pessoas tendem a viver melhor, pois as condições climatológicas são mais adequadas e contribuem consideravelmente para o bem-estar dos usuários.

Dentre os serviços ecossistêmicos proporcionados pela arborização urbana, podemos citar: a) diminuição na temperatura do ar, b) atenuação da radiação solar direta, c) filtragem de poluentes, d) criação de ambientes esteticamente mais agradáveis, e) melhoras na saúde emocional e psicológica, f) beleza cênicas, e) sombreamento, dentre todos, este é o principal serviço que é percebido pela população (REID, 2005; SHASHUA-BAR; PEARLMUTTER; ERELL, 2009; MCPHERSON; VAN DOORN; GOEDE, 2016).

Nessa perspectiva, deve-se considerar a inclusão e manutenção de arborização urbana, que desempenha um papel fundamental nas condições térmicas do local, nas interações sociais e na qualidade de vida da população (KORDY *et al.*, 2016; VECCHIA *et al.*, 2020). E para isto, a avaliação da arborização de ruas é fundamental para o planejamento e conservação deste patrimônio, maximizando os benefícios proporcionados pelas árvores nas cidades (GARTLAND, 2010; LIMA NETO *et al.*, 2012 ZAMPRONI, K.; BIONDI, D.; BOBROWSKI, R; BAUR *et al.*, 2016;).

No entanto, na maioria das cidades brasileiras, por meio de censo ou inventário amostral, altos percentuais de espécies exóticas são encontrados, geralmente acima de 70% (BIONDI; BOBROWSKI, 2014). Em geral as cidades no Brasil não dispõem de planejamento efetivo para o plantio e o cultivo de espécimes arbóreos. A precariedade de estudos essenciais nesta área, associado ao desconhecimento do espaço verde urbano, tornam o tema um imponente instrumento de trabalho, fazendo da arborização e de seus conflitos com equipamentos da urbe chave para a elaboração deste estudo (LOCASTRO, 2016). Desta forma, desenvolver estudos com a temática da arborização urbana tornam-se fundamentais ao contribuir para um melhor planejamento na busca pela implantação de planos de arborização em cidades em desenvolvimento na região Amazônica, principalmente as que passam por processos de mudanças ao longo do tempo, a exemplo da cidade de Altamira.

Como forma de atividade prática à percepção e entendimento das interações ecossistêmicas regionais, este trabalho é centrado na hipótese de que o padrão da distribuição da arborização e os índices ecológicos utilizados na avaliação das árvores de rua são indicadores que podem nortear o planejamento da arborização de uma cidade, contribuindo assim para entender como esse fenômeno poderá ser abordado perante os dados obtidos no trabalho em campo, potencializando o plantio de espécies promissoras ao meio urbano. Ademais, esta forma de investigação permite avaliar por meio das geotecnologias a distribuição espacial e a composição da arborização na cidade de Altamira, além de determinar os índices ambientais e a densidade arbórea presente nas vias e áreas públicas de todos os bairros na Sede do município.

Diante desse contexto, esta Dissertação divide-se em três capítulos que são apresentados em formato de artigos para melhor entendimento e compreensão dos resultados. O primeiro artigo trata sobre a análise da densidade da arborização das vias e áreas públicas da cidade de Altamira no ano de 2021, por meio do sensoriamento remoto, com o registro da distribuição espacial arbórea, e da identificação das maiores e as menores densidades por bairros na área urbana a partir do Estimador de Densidade Kernel. Buscou-se comparar a distribuição da arborização urbana por bairros, com a indicação dos espaços potenciais para o desenvolvimento de projetos de arborização, e posteriormente a determinação dos Índices de Cobertura Vegetal e Percentual de Cobertura Vegetal, fazendo-se assim, uma análise quantitativa dos resultados.

No segundo artigo, por meio do uso de tecnologias de sensoriamento remoto, foi realizada a análise temporal e a correlação entre o índice vegetal e a temperatura da zona de adensamento urbano da cidade de Altamira/PA nos anos de 2011 e 2021, associadas à compreensão da influência da vegetação no conforto térmico, visto que, ao serem constatadas, orientam para políticas de planejamento e gestão urbana futuras. No terceiro artigo realizou-se um censo arbóreo nos três bairros de Altamira com maiores índices ambientais determinados na etapa 1, com objetivo de analisar e caracterizar a diversidade e riqueza de espécies florísticas por meio da aplicação dos Índices de Shannon, Simpson e Equabilidade de Pielou.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo analisar a arborização da cidade de Altamira, tendo como perguntas principais do presente trabalho: (i) qual a distribuição e o nível de arborização na cidade de Altamira? (ii) quais os impactos térmicos ocorridos na cidade de Altamira nos últimos dez anos, após a expansão da malha urbana, impulsionada

com a instalação da UHE Belo Monte? (iii) qual o nível de espécies exóticas e nativas estão presentes nos bairros avaliados?

OBJETIVOS GERAIS

- Avaliar a distribuição espacial da arborização na cidade de Altamira/PA, presente nas vias e áreas públicas no ano de 2021, por meio de sensoriamento remoto, identificando as densidades de arborização e os índices de cobertura vegetal e percentual de cobertura vegetal da área urbana.
- Determinar a temperatura de superfície da zona de adensamento urbano da cidade de Altamira/PA, associadas à compreensão da influência da vegetação no conforto térmico dos anos de 2011 e 2021, fazendo-se uma análise das mudanças na temperatura nos últimos dez anos.
- Realizar um censo arbóreo de três bairros da Zona Central da cidade de Altamira, para identificar taxonomicamente as espécies presentes nesses bairros e determinar os Índices de Diversidade e Equabilidade.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as maiores e as menores densidades de arborização nos bairros na área urbana de Altamira, referente a 2021, a partir do estimador de densidade Kernel;
- Determinar os índices de Cobertura Vegetal (ICV) e Percentual de Cobertura Vegetal (PCV);
- Analisar se o adensamento urbano ocasionou aumento de temperatura da cidade de Altamira dos anos 2011 e 2021,
- Analisar a diversidade de espécies através do Índice de Shannon, Simpson e Equabilidade de Pielou.

LITERATURA CITADA

ARIZA, G.; SANTOS, D. G. **Qualidade ambiental e planejamento urbano.** Caminhos da Geografia, Uberlândia, v. 9, n. 26, p. 224-242, junho 2008.

BAUR, J. W. R.; TYNON, J. F.; RIES, P.; ROSENBERGER, R. S. **Public attitudes about urban forest ecosystem services management: A case study in Oregon cities.** Urban Forestry & Urban Greening, Davis, v.17, n.1, p.42- 53, 2016.

BECKER, B. K. **Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários?** Parcerias Estratégicas, Brasília, v.12, n.1, p.135-159, 2001.

BIONDI, D.; BOBROWSKI, R. **Distribuição e dinâmica da área de copa na arborização de ruas de Curitiba, Paraná, Brasil, no período de 1984 - 2010.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 36, p. 625-635, 2014.

CAJAIBA, R. L. E SILVA, W. B. 2017. **Levantamento de entomofauna em arborização urbana no município de Uruará, Pará, norte do Brasil.** Biota Amazônia, v. 7, p. 69-73.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas** / Lisa Gartland; tradução Sílvia Helena Gonçalves. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

KORDY, A. E.; SOBH, H.; MOSTAFA, A. **The Problem of Applying Sustainability Ideas in Urban Landscape in Developing Countries.** Procedia Environmental Sciences, v. 34, p.36-48, 2016.

LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H.; BOBROWSKI, R. 2012. **Fotografias aéreas para mensuração da área de copa das árvores de ruas de Curitiba–PR.** Floresta, 42, 577-586.

LOCASTRO, João Karlos. **Arborização viária urbana e suas interferências no espaço público do Centenário do Sul – PR** / João Karlos Locastro – Maringá, 2016. 107 f.

LOCKE, D.; BAINE, G. **The good, the bad, and the interested: How historical demographics explain present-day tree canopy, vacant lot and tree request spatial variability in New Haven, CT.** Urban Ecosyst, New York, v. 18, p. 391-409, setembro 2015.

MAZETTO, D. A. P. **Qualidade de vida, qualidade ambiental e meio ambiente urbano: Breve comparação de conceitos.** Sociedade & Natura, Uberlândia, v. 12, n. 24, p. 21-31, julho/dezembro 2000.

MCPHERSON, E. G.; VAN DOORN, N.; GOEDE, J. **Structure, function and value of street trees in California, USA**. *Urban Forestry & Urban Greening*, Amsterdam, v. 17, p. 104-115, apr. 2016.

MINAKI, C.; AMORIM, M. C. D. C. T. **Análise da qualidade ambiental urbana**. *Mercator*, Fortaleza, v. 11, n. 34, p. 229-251, janeiro/abril 2012.

NASCIMENTO, C. P. **Cenários da Produção Espacial Urbana de Porto Velho**. 2009. 210p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia, UNIR, Porto Velho, 2009.

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Cities and Biodiversity Outlook**. Montreal: [s.n.], 2012. 64 p.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. **The cooling efficiency of urban landscap strategies in a hot dry climat**. *Landscap and Urban Planning*, v. 92, n. 3-4, p. 179-186, 2009.

VECCHIA, F.; TECH, A. R.; NEVES, G. **Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações** / organizado por Francisco Arthur da Silva Vecchia, Adriano Rogério Bruno Tech e Gustavo Zen de Figueiredo Neves – São Carlos, 2020.

VECCHIA, F.; TECH, A. R.; NEVES, G. **Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações** / organizado por Francisco Arthur da Silva Vecchia, Adriano Rogério Bruno Tech e Gustavo Zen de Figueiredo Neves – São Carlos

ZAMPRONI, K.; BIONDI, D.; BOBROWSKI, R. 2016. **Avaliação qualiquantitativa da espécie *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. na arborização viária de Bonito – MS**. *REVSBAU*, Piracicaba – SP, v.11, n.2, p. 45-58.

Este capítulo está formatado e publicado nas normas da revista GeoAmazônia, disponível em:
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/index>.

ARTIGO I

ÍNDICES ESPACIAIS DA ARBORIZAÇÃO NA CIDADE DE ALTAMIRA – PARÁ

SPATIAL INDEX OF ARBORIZATION IN THE CITY OF ALTAMIRA – PARÁ

ÍNDICE ESPACIAL DE ARBORIZACIÓN EN LA CIUDAD DE ALTAMIRA – PARÁ

Elnatan Ferreira Feio
Mestrando em Biodiversidade e Conservação
Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA)
elnatan.feio9@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1296-1119>

Raírys Cravo Herrera
Doutorado em Agronomia-Fisiologia Vegetal
Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA)
raírys@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9699-8359>

Gabriel Alves Veloso
Doutor em Geografia
Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA)
gabrielveloso.geo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3655-4166>

RESUMO

O processo de urbanização afeta o equilíbrio ambiental e social ocasionando a perda da qualidade de vida da população. A arborização urbana entra com a possibilidade de favorecer o equilíbrio entre a cidade e o meio natural oferecendo inúmeros serviços ambientais para maior qualidade de vida aos munícipes. Este estudo foi realizado na cidade de Altamira, com o objetivo de avaliar e registrar a distribuição espacial arbórea, no ano de 2021, por meio das geotecnologias. A análise de dados foi realizada utilizando o software QGIS 3.24.1, o mapeamento das árvores foi feito a partir da vetorização manual de polígonos e a análise da distribuição espacial utilizou a densidade Kernel. Para as estimativas foram utilizados parâmetros ambientais, como: Índices de Cobertura Vegetal (ICV) e Percentual de Cobertura Vegetal (PCV); foi observado que a distribuição arbórea de Altamira é muito variável e escassa, os bairros centrais que são os mais consolidados apresentaram densidade maior de

indivíduos em relação aos periféricos. O PCV foi de 0,49% e ICVH de 1,72 m² de copa/habitante. Conclui-se que a arborização da cidade de Altamira apresenta-se com baixos índices ambientais, necessitando de investimentos e maior planejamento por parte do poder público, favorecendo assim o acompanhamento dessas áreas para políticas públicas futuras.

Palavras-Chave: Arborização Urbana; Sensoriamento remoto; Índices Ambientais.

ABSTRACT

The urbanization process affects the environmental and social balance causing the loss of the population's life quality. Urban forestry provides a balance between the city and the natural environment by offering numerous environmental services for a better quality of life for residents. This study was performed in the city of Altamira, which objective was to evaluate and record the spatial distribution of trees in the year 2021 through geotechnologies. Data analysis was performed using the QGIS 3.24.1 software, tree mapping was performed using manual vectorization of polygons, and spatial distribution analysis used Kernel density. For the estimates environmental parameters were used, such as Vegetation Coverage Index (CVI) and Percentage of Vegetation Coverage (PCV); It was observed that the arboreal distribution of Altamira is very variable and scarce, the central neighborhoods, which are the most consolidated, presented a higher density of individuals comparing to the peripheral ones. PCV was 0.49% and ICVH was 1.72 m² of canopy/inhabitant. It is concluded that the afforestation of the city of Altamira presents low environmental indexes, requiring investments and greater planning by the public power, thus favoring the monitoring of these areas for future public policies.

Keywords: Urban Afforestation; Remote sensing; Environmental Indexes.

RESUMEN

El proceso de urbanización afecta el equilibrio ambiental y social, provocando la pérdida de la calidad de vida de la población. La silvicultura urbana tiene la posibilidad de favorecer el equilibrio entre la ciudad y el entorno natural, ofreciendo numerosos servicios ambientales para una mejor calidad de vida de los habitantes. Este estudio se realizó en la ciudad de Altamira, con el objetivo de evaluar y registrar la distribución espacial de los árboles, en el año 2021, a través de geotecnologías. El análisis de datos se realizó con el software QGIS 3.24.1, el mapeo de árboles se realizó con la vectorización manual de polígonos y el análisis de distribución espacial con la densidad Kernel. Para las estimaciones se utilizaron parámetros ambientales como: Índice de Cobertura Vegetal (CVI) y Porcentaje de Cobertura Vegetal (PCV); Se observó que la distribución arbórea de Altamira es muy variable y escasa, los barrios centrales, que son los más consolidados, presentaron mayor densidad de individuos en relación a los periféricos. PCV fue 0.49% y ICVH fue 1.72 m² de dosel/habitante. Se concluye que la forestación de la ciudad de Altamira presenta bajos índices ambientales, requiriendo inversiones y mayor planificación por parte del poder público, favoreciendo así el seguimiento de estas áreas para futuras políticas públicas.

Keywords: Arborização Urbana; Sensoriamento remoto; Índices Ambientais.

INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo territorial complexo que remete a distribuição da população e, conseqüentemente, uma transformação do meio ambiente (SANTOS *et al.*, 2001; ROBE e MACEDO, 2002; MCGRANAHAN e SATTERTHWAITTE 2014; MESQUITA *et. al.*, 2017; SILVA e SILVEIRA, 2020). Essa variação implica em mudanças nas ocupações dominantes da terra, estilo de vida, cultura e comportamento, alterando assim a estrutura demográfica e social (MONTGOMERY *et al.*, 2004) e promovendo impactos negativos na biodiversidade, especificamente, porque o ambiente construído difere substancialmente do ambiente natural (SOANES *et al.*, 2018).

No Brasil, mais de 80% de sua população vive na zona urbana, o que gera demanda por habitação, saneamento básico, mobilidade e serviços de saúde (ANGEOLETTO *et al.*, 2016). No contexto da região Amazônica, as áreas urbanas apresentam significativos problemas de infraestrutura e saneamento, bem como, baixos índices de arborização. Deste modo, um ambiente urbano com infraestrutura inadequada pode ocasionar diversas consequências negativas para o desenvolvimento de uma sociedade (GUEDES *et al.*, 2017), que na Amazônia toma proporções relevantes não só pela diversidade e magnitude da riqueza de seus recursos naturais, mas também pelo processo de urbanização desordenado e dos poucos benefícios gerados para a sua população (REBELLO e HOMMA, 2017).

Uma das cidade do bioma Amazônico que reflete bem esse cenário é a cidade de Altamira no Sudoeste do Pará, sobretudo, devido a seu processo de urbanização, que desde a década de 1970, a partir da construção da Rodovia Transamazônica, e mais recentemente com a Usina Hidrelétrica de Belo Monte, a cidade de Altamira, passou por significativas mudanças, o que demonstra um crescimento acelerado da malha urbana em várias direções e um processo de evolução demográfico crescente que se estenderá pelos próximos anos (ARAÚJO *et al.*, 2015; MIRANDA NETO e HERRERA, 2018).

A reestruturação da cidade ocorre de forma ordenada com a inserção de novos loteamentos, que foram projetados para o contexto urbano (MIRANDA NETO e HERRERA,

2018). A avaliação desse processo ocorre sobretudo em questões relacionadas à qualidade de vida, como a arborização urbana, que é importante para o planejamento da cidade.

A arborização urbana de vias públicas tem como intuito possibilitar um melhor aproveitamento dos espaços geográficos urbanos, conciliando a construção civil ao plantio de árvores. Os aspectos paisagísticos buscam aprimorar os ambientes e principalmente favorecem uma melhora nos fatores climáticos (MILANO e; DALCIN, 2000; SHAMS *et al.*, 2009; GONÇALVES *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2018; NOBREGA *et al.*, 2018; ROLLON e SIQUEIRA, 2018; FABRÍCIO *et al.*, 2019).

Portanto, a arborização urbana precisa ser mensurada e, para isso, se empregam os índices relacionados à cobertura arbórea, que é um conjunto de parâmetros utilizados em pesquisas sobre a vegetação presente nos espaços urbanos, e representam a relação entre o valor das áreas cobertas por vegetação (copas das árvores) que compõem o local de estudo, expressos em m² (metro quadrado), dividido pela quantidade de habitantes ou pela área urbana (TEIXEIRA; GONÇALVES, 2020; ZAMBRANO e HERNANDEZ, 2020). Além disso, diante de uma demanda pela criação de políticas públicas que garantem a qualidade de vida da população conciliada com a conservação do meio ambiente, o uso de instrumentos de geoprocessamento podem ser um importante aliado no suporte para o planejamento e manejo da arborização urbana (LIMA NETO, 2014; PINHEIRO *et al.*, 2022).

Essas análises da qualidade ambiental do espaço urbano podem ser subsidiadas por técnicas de sensoriamento remoto, sendo que na atualidade existem diversas imagens de satélite de média e alta resolução que são utilizadas em diversos trabalhos no Brasil. O sensoriamento remoto com base na análise de imagens de satélites de alta resolução é um dos meios que se dispõem hoje para acelerar e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção de mudanças ambientais em combinação com os recentes recursos do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e aliado às novas técnicas de processamento e aos novos sensores; as imagens de satélites oferecem possibilidades ainda pouco exploradas, de gerarem informações sinópticas e precisas para avaliação e evolução de diversas variações temáticas da superfície terrestre (LIMA NETO *et al.*, 2012; PACHECO, 2007).

O planejamento ambiental é necessário pois por meio da sistematização de dados é possível evidenciar a evolução urbana e o crescimento populacional, estabelecendo relações com a redução da cobertura vegetal, podendo ainda ser um instrumento auxiliar na tomada de decisão para um melhor gerenciamento do espaço urbano, na qualidade de vida da população, bem como, contribuir com o ordenamento de políticas públicas para promoção da arborização urbana.

Dessa forma, as análises da qualidade ambiental em espaços urbanos, utilizando técnicas de sensoriamento remoto são de fundamental importância para o subsídio na tomada de decisão, sobretudo em áreas urbanas no bioma Amazônico que vem passando por um processo acelerado de crescimento e impactos ambientais.

No intuito de mensurar a importância da arborização na cidade de Altamira, a pergunta de pesquisa do presente trabalho é: Qual a distribuição e o nível de arborização na cidade de Altamira? Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espacial da arborização na cidade de Altamira, nas vias e áreas públicas no ano de 2021, por meio de sensoriamento remoto, identificando as densidades de arborização por bairros na área urbana.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O município de Altamira possui extensão territorial de 159.696 km² (IBGE, 2015; PMA, 2010). O clima neste município pela classificação de Köppen, é “Am” (parte norte) e “Aw”, com T_{mín}/ano = 22,1 °C; T_{máxi}/ano = 32,4 °C, e precipitação pluviométrica média igual a 2.123mm/ano (SOUZA *et. al.*, 2013; IBGE, 2008). Destaca-se como polo comercial, político, social e cultural na região da Transamazônica e Xingu (UMBUZEIRO, 2012).

O estudo foi realizado no perímetro urbano da sede do município de Altamira (Figura 01), possui extensão territorial de 111,02 km², localizado a 754 km da capital Belém, na região Sudoeste do Estado do Pará, com população de 117.320 habitantes, segundo estimativa do IBGE (2021).

Figura 1 - Localização geográfica da sede municipal de Altamira - Pará.

árvores) em função da área total da cidade, multiplicado por 100, conforme detalhado por Harder *et al.* (2006). Sendo aplicado as seguintes equações:

$$ICVH = \frac{\Sigma \text{área das copas (m}^2\text{)}}{\text{N}^\circ \text{ de habitantes da área urbana}} \quad (1)$$

$$PCV = \frac{\Sigma \text{área das copas (m}^2\text{)} \times 100}{\text{Área urbana do município}} \quad (2)$$

A partir da vetorização poligonal das árvores foi gerada uma nuvem de pontos, com informações de cada árvore. Analisou-se a distribuição espacial da arborização urbana utilizando o Modelo Temático de Densidade de Kernel, que é uma técnica de estimação de densidade de dados vetoriais pelo uso de interpolação espacial (FREIRE *et al.*, 2012).

A Estimativa de Densidade de Kernel desenha uma vizinhança circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência (SILVERMAN, 1986; SOUZA *et al.*, 2013). Quanto maior a densidade de pontos em uma determinada área, maior é a superfície gerada. O resultado é um “Mapa de Calor”, em que a intensidade das cores representa diferentes densidades de pontos em um determinado local (LONGLLEY *et al.*, 2005).

Neste trabalho, optou-se por considerar somente os indivíduos arbóreos que mantivessem uma função social de proximidade da população, isto é, as árvores presentes nas vias e áreas públicas como praças. Dessa forma, não foram consideradas aquelas presentes nas áreas não construídas, a saber: área de preservação permanente, parques ambientais e matas ciliares, mesmo sabendo que estas áreas mantêm sua importância na estabilidade das condições de equilíbrio ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da densidade da arborização urbana

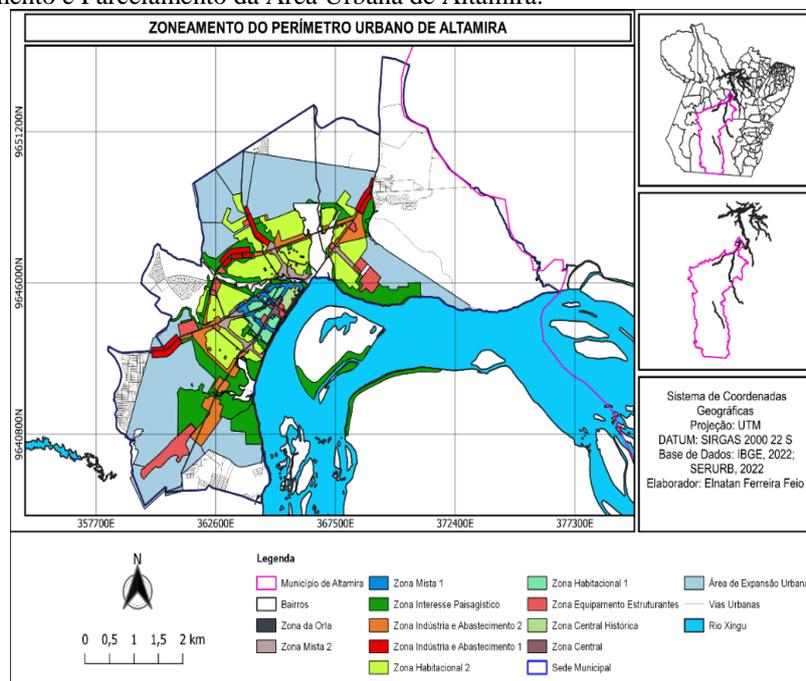
A estimativa de densidade de Kernel, comumente utilizada para mapeamento em diferentes áreas do conhecimento, neste trabalho foi empregada para analisar a distribuição e espacialização da arborização da cidade de Altamira, com o intuito de verificar os pontos com maiores e menores densidades de indivíduos arbóreos presentes na cidade. Para

compreensão e entendimento dessa análise, os pontos de densidade foram classificados em quatro classes de concentração arbórea: baixa, média, alta e muito alta.

Assim, foi confeccionado um mapa temático de Kernel para todo perímetro urbano da cidade, separando os bairros por zonas de acordo com o parcelamento de uso do solo, conforme o Plano Diretor da cidade. Os bairros foram classificados por Zonas: Norte, Sul, Leste, Oeste e Zona Central, objetivando melhor entendimento, classificação e comparação da distribuição da arborização presente no perímetro da cidade.

A nova malha urbana de Altamira, conforme a Lei Municipal nº 3.208/2015, é composta por 19 bairros, incluindo os Reassentamentos Urbanos Coletivos (RUCs) que estão inseridos dentro do perímetro de alguns bairros com formação mais recente. A Figura 02, demonstra a divisão das zonas da cidade de Altamira com suas respectivas funções de uso e ocupação do solo, conforme o zoneamento urbano.

Figura 2 - Zoneamento e Parcelamento da Área Urbana de Altamira.

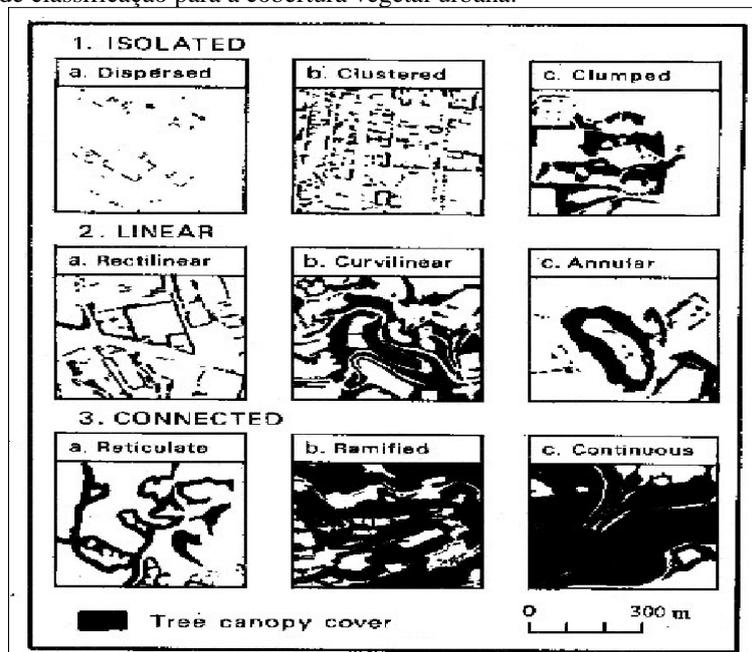


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A caracterização e espacialização da cobertura vegetal de Altamira foi analisada de acordo com o modelo proposto por Jim (1989), sendo este um modelo de configuração para

definir a espacialização da cobertura vegetal da área urbana. Segundo Nucci e Cavalheiro (1999), a “quantificação da cobertura vegetal deve vir acompanhada de sua configuração”. Esse modelo de análise foi proposto por Jim (1989) após um estudo realizado em Hong Kong, onde fez uma classificação dos tipos de configurações das manchas de cobertura vegetal, que ele chama de Tree-canopy cover (Cobertura de Copa), conforme Figura 03.

Figura 3 - Esquema de classificação para a cobertura vegetal urbana.

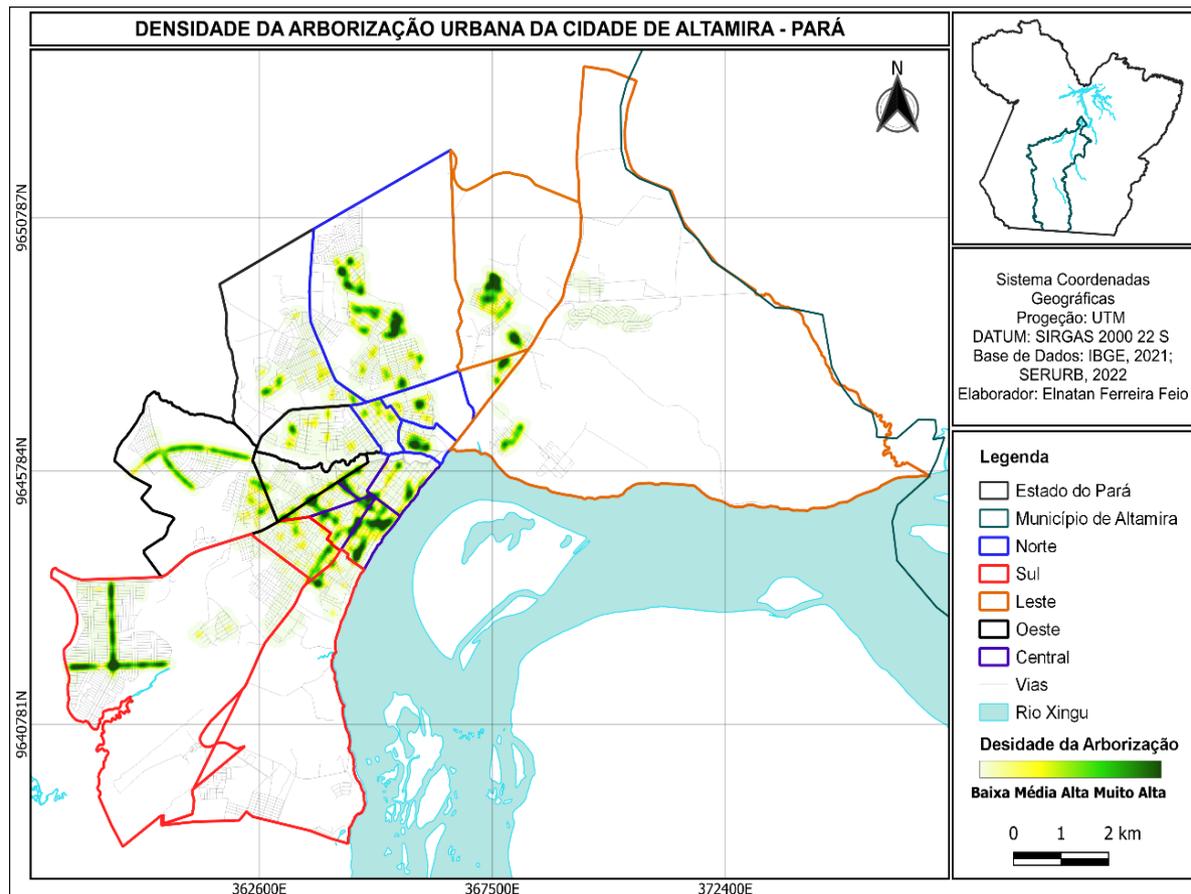


Fonte: Jim (1989).

A zona central de Altamira é composta pelos bairros: Centro, Esplanada do Xingu, Premem, Jardim Uirapuru e Sudam I (Figura 04), que juntos somam 3.322.356,15 m² de extensão territorial, o que equivale a 9,59% da área urbanizada da cidade. Foi possível

observar que a maioria das ruas principais apresentam arborização deficiente com números reduzidos de árvores e nesse contexto, a maioria das ruas com vazios arbóreos.

Figura 4 - Densidade da arborização do perímetro urbano de Altamira - Pará.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A zona Norte da cidade é composta pelos bairros: Aparecida, Boa Esperança, Brasília e Mutirão, que juntos somam 6.952.176 m² de extensão territorial, o que equivale a 20,06% de área urbanizada da cidade. Apresenta uma arborização escassa, encontrando-se apenas na parte central, distribuída de forma aleatória, as principais avenidas contêm poucos indivíduos arbóreos, a maior concentração de árvores estão presentes na Praça da Cultura. A mesma observação foi encontrada no bairro Brasília, com a arborização distribuída de forma aleatória com maior concentração de indivíduos na Praça do Mirante.

A zona Sul é composta pelos bairros: Jardim Independente I, Jardim Independente II e Ibiza, que juntos somam 9.345.000 m² de extensão territorial equivalente a 26,96% de área urbanizada da cidade. Dentre os três bairros, o Jardim Independente I é o mais urbanizado com uma arborização distribuída aleatoriamente com poucos indivíduos e ruas sem nenhuma árvore, onde a via mais arborizada é a Via Oeste, localizada na parte sul do bairro.

A parte Leste da cidade é composta pelos bairros: Colina, Nova Altamira e Alberto Soares que juntos somam 6.607.730 m² de extensão territorial o que equivale a 19,07% de área urbanizada da cidade.

O setor Oeste da cidade é composto pelos bairros: Liberdade, Jardim Altamira, Sudam II e Bela Vista, que juntos somam 8.429.030 m² o que equivale a 24,32% da área urbanizada da cidade. Nesse contexto, o bairro Liberdade é composto pelo RUC Casa Nova, que dada sua condição em ser um bairro novo, apresenta uma arborização em desenvolvimento e de pequeno porte, assim como observado nos demais bairros de formação mais novas. A parte noroeste do bairro não apresenta indivíduo arbóreo.

Análise quantitativa dos resultados

Seguindo os mesmos procedimentos metodológicos, obteve-se a quantificação dos índices ambientais da arborização da cidade de Altamira. A tabela 1 apresenta os valores encontrados a partir da somatória da área urbanizada por bairros e a somatória das copas das árvores vetorizadas.

Tabela 1 - Dados da somatória das copas por bairro da cidade de Altamira

Item	Bairro	Área Total do Bairro (m²)	Área Urbanizada do Bairro (m²)	Área Urbanizada do Bairro (%)	Área Total das Copas do Bairro (m²)	% de Área Urbanizada do Bairro ocupada por Copas
1	Alberto Soares	36.942.700,00	3.340.270,00	9,04	5.571,40	0,17
2	Aparecida	633.069,00	292.060,00	46,13	2.870,45	0,98
3	Bela Vista	6.855.120,00	2.725.460,00	39,76	8.634,20	0,32
4	Boa Esperança	1.455.890,00	597.410,00	41,03	6.682,00	1,12
5	Brasília	679.166,00	679.166,00	100,00	6.465,80	0,95
6	Centro	1.079.188,15	1.079.188,15	100,00	13.575,60	1,26
7	Colina	754.514,00	406.840,00	53,92	5.671,37	1,39
8	Esplanada do Xingu	784.610,00	784.610,00	100,00	15.495,30	1,97
9	Ibiza	17.574.000,00	7.526.790,00	42,83	9.922,63	0,13
10	Jardim Altamira	2.232.390,00	1.781.520,00	79,80	4.851,00	0,27
11	Jardim Independente I	1.264.070,00	1.264.070,00	100,00	12.939,40	1,02
12	Jardim Independente II	7.249.100,00	554.140,00	7,64	4.577,78	0,83
13	Jardim Uirapuru	459.198,00	459.198,00	100,00	7.268,13	1,58
14	Liberdade	6.442.580,00	2.789.310,00	43,29	6.420,50	0,23
15	Mutirão	11.652.400,00	5.383.540,00	46,20	18.369,00	0,34
16	Nova Altamira	7.867.300,00	2.860.620,00	36,36	12.224,80	0,43
17	Premem	613.670,00	613.670,00	100,00	12.921,50	2,11
18	Sudam I	443.524,00	385.690,00	86,96	5.774,89	1,50
19	Sudam II	1.459.110,00	1.132.740,00	77,63	11.942,60	1,05

TOTAL	106.441.599,15	34.656.292,15	-	172.178,35	17,66
--------------	-----------------------	----------------------	----------	-------------------	--------------

Fonte: Pesquisa de campo, 2022.

Utilizou-se os parâmetros da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU, 1996) que determina 15 m²/habitantes para ICVH. Ademais utilizou-se das diretrizes e recomendações propostas pela Organização das Nações Unidas (ONU) e por Oke (1973) para a classificação do PCA para os bairros da cidade de Altamira que sugere um índice acima de 30% de cobertura vegetal em áreas urbanas como de alta qualidade ambiental e, caso seja inferior a 5%, como de baixa qualidade ambiental e semelhante a regiões desérticas (BORGES *et al.*, 2018; LOMBARDO, 1985; OKE, 1973), conforme quadro 01.

Quadro 01 - Índice de cobertura vegetal, segundo recomendações da Organização das Nações Unidas (ONU).

Índice de Cobertura Vegetal (ICV)	
Condição Boa	Residentes em áreas com cobertura vegetal suficiente para garantir uma qualidade de vida alta (PCV > 30%).
Condição Regular	Residentes em áreas com cobertura vegetal suficiente para garantir uma qualidade de vida razoável (5% < PCV < 30%).
Condição Ruim	Residentes em áreas com cobertura vegetal insuficiente para garantir uma qualidade de vida razoável (PCV < 5%).

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

A avaliação da cobertura vegetal seguiu as recomendações de Nucci (2003) que define cobertura vegetal como “as manchas de vegetação” visualizadas a olho nu e considera toda a vegetação presente nas ruas, praças, canteiros e áreas públicas. A partir de uma adaptação de Nucci (2003) considerou-se aqui, de modo específico, a avaliação da cobertura vegetal arbórea, ou seja, a área ocupada pela copa das árvores presentes nas vias e áreas públicas da cidade de Altamira.

Observou-se que a distribuição da arborização da cidade de Altamira é muito variável e deficiente, sendo que dos 19 bairros analisados pela metodologia da densidade de Kernel, verificou-se que a maioria apresenta um déficit na densidade de árvores. Os bairros centrais são os mais consolidados e apresentaram uma densidade maior de indivíduos arbóreos em relação aos bairros mais periféricos. Minhoto *et al.* (2007), em uma pesquisa realizada na cidade de Taubaté/SP, obteve resultados semelhantes quanto a distribuição espacial e quantificação de indivíduos arbóreos ao comparar bairros centrais com bairros periféricos totalmente residenciais.

Diante disso, observa-se que os bairros que apresentaram uma maior densidade da arborização urbana na cidade são os bairros mais antigos – bairros centrais – que apresentam indivíduos arbóreos de grande porte e por conseguinte, copas maiores, característica também demonstrada por Borges (2019) na cidade de Patos – PB.

No entanto, quando analisado de forma individual por bairro, de forma geral observou-se que há um déficit na arborização da cidade. No que se refere à configuração espacial da cobertura vegetal, de acordo com o modelo proposto por Jim (1989) citado por Nucci *et al.* (2003), predomina a configuração isolada na cidade de Altamira, esta configuração geralmente está presente em locais edificadas com ruas e superfícies impermeáveis que formam uma matriz contínua e circundando as discretas e pequenas unidades de cobertura vegetal.

Dentre as classificações pertencentes a este tipo de configuração, há uma semelhança com a variação do tipo dispersa, visto que árvores em pequenos grupos espalhados estão frequentemente misturadas com componentes das edificações.

De acordo com a tabela 1, mencionada anteriormente, os valores encontrados da somatória da área urbanizada por bairros e a somatória das copas, observou-se que o bairro Premem apresenta maior taxa de área urbanizada ocupada por copas, de 2,11%, seguido pelo bairro Esplanada do Xingu com 1,97% e o bairro Jardim Uirapuru com 1,58%. Os bairros com menores taxas de área urbanizada ocupada por copas foram Ibiza com 0,13%, Alberto Soares com 0,17% e Liberdade com 0,23%. Ressalta-se que os bairros mais arborizados apresentaram as maiores taxas de urbanização e consolidação de árvores com porte maiores.

Ainda conforme os dados apresentados na tabela 1, a cidade de Altamira apresenta uma área total de 106.441.599,15 (m²), desse total considerou-se neste estudo a área urbanizada de 34.656.292,15 m². A estimativa para a cobertura arbórea na cidade, segundo os procedimentos metodológicos anteriormente descritos, apontou uma área de 172.178,35 m² ocupada por vegetação (copas das árvores), o que corresponde a 17,66% de área urbanizada da cidade ocupada por copas.

A cidade de Altamira quantificou o Percentual de Cobertura Vegetal (PCV) de 0,49%, valor muito aquém do recomendado por Oke (1973) de 30% para as áreas urbanas, com a condição ideal para manutenção de qualidade ambiental, o que forneceria uma sensação térmica aos cidadãos capaz de amenizar a estrutura acinzentada das áreas urbanas. Ressalta-se que nessa recomendação de Oke (1973), inclui toda a vegetação presente (arbusto, herbáceas e arbórea), o que nesta análise foram consideradas somente os espécimes arbóreos presentes nas vias e áreas públicas.

Em termos de comparação com outros estudos realizados em outras cidades, por exemplo, Abreu *et al.*, (2012), encontrou um Percentual de Cobertura Vegetal para o Centro da cidade de Teresina-PI de 2,86%, valor acima do encontrado em Altamira. Já Pereira *et al.*, (2010) estudando a cobertura arbórea de Porto Alegre - RS e Belo Horizonte - MG chegaram a valores de Percentual de Cobertura Vegetal de 8,02% e 12,57% para o bairro Centro das respectivas cidades, valor próximo ao encontrado por Lindenmaier e Souza (2015) de 15,60% para o bairro Centro de Cachoeira do Sul - RS.

O estudo realizado por Gomes e Queiroz (2011) em Birígui – SP obteve 7,75% do Percentual de Cobertura Vegetal, enquanto Aza (2016) obteve 32,54% para cidade de Ipatinga – MG, valor acima do recomendado pela Organização das Nações Unidas (ONU) sendo o ideal de PCV de 30%.

Considerando uma população urbana estimada para 2021 de 99.759, o Índice de Cobertura Arbórea por Habitante (ICVH) calculado para a cidade de Altamira atingiu o valor de 1,72 m² de copa/habitante. Esse valor está muito abaixo do recomendado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (1996) que recomenda 15 m²/habitante como ideal para assegurar a qualidade ambiental urbana. A ONU determina que os Índices de Cobertura Vegetal abaixo de 5% para os residentes em áreas urbanas é insuficiente para garantir uma qualidade de vida razoável, assim como mencionado por Borges *et al.*, (2012); Lombardo (1985) e Oke (1973).

Em comparação de tais resultados com outros já realizados por diversos autores têm-se, como exemplo, o trabalho realizado por Harder *et. al.* (2006) que obteve na cidade de Vinhedo - SP um Índice de Cobertura Vegetal de 0,55 m²/habitante de copa em praças da área urbana. Lima (1993) encontrou um Índice de Cobertura Vegetal de 2,2 m²/habitantes na cidade de Piracicaba - SP, em análise da arborização viária na área central e em seu entorno, valores muito próximos do encontrado em Altamira.

Já Milano (1990) em estudo realizado na cidade de Curitiba - PR, obteve o índice de 3,06 m²/habitantes para a arborização de ruas. Abreu *et al.*, (2012) obtiveram para o Centro da cidade de Teresina - PI, Índice de Cobertura Vegetal de 0,028m²/habitantes. Por outro lado, o Índice de Cobertura Arbórea por habitante obtido para cidade de São Gabriel - RS foi de 86,86 m²/hab., valor acima do 15 m²/hab. recomendado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana para assegurar a qualidade ambiental (GONÇALVES e FILIPPI TEIXEIRA, 2020).

Os baixos índices de cobertura vegetal encontrados na zona urbana fazem parte do cenário de expansão urbana vivenciada pelo país desde a segunda metade do século XX, que

contribuiu com o povoamento das cidades de forma bastante acelerada e desordenada (GOMES e QUEIROZ, 2011; CARDOZO e ARRUDA, 2016). E que de certa forma não levam em consideração a importância do planejamento da arborização de uma cidade para garantir um conforto térmico mais agradável aos cidadãos.

O Estatuto das Cidades, Lei Federal nº 10.257/01, que regulamenta o Art. 182º e 183º da Constituição Federal (BRASIL, 1988), no Art. 2º e 4º parágrafo III, prevê que é responsabilidade do poder público municipal planejar, promover e manter a arborização nos municípios brasileiros, incluindo vias públicas, praças e áreas verdes e Unidades de Conservação. Aplicada corretamente e através de sua manutenção, a arborização urbana apresenta vantagens primordiais para minimizar os efeitos do desenvolvimento urbano desenfreado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe um déficit quantitativo relacionado ao número de árvores que compõem a arborização da cidade de Altamira. Foi observado que os maiores índices de densidade de árvores estão presentes nos bairros centrais, enquanto que nos bairros mais periféricos a densidade de árvores é baixa. Isso está relacionado com o tempo de consolidação dos bairros em que as árvores presentes apresentaram copas mais exuberantes e por conseguintes índices maiores.

Observou-se que os índices de cobertura e percentual está baixo de acordo com o recomendado para manter uma sensação térmica mais agradável aos munícipes. Diante disso, a arborização presente na cidade de Altamira necessita de uma atenção maior por parte do poder público e sociedade civil para que os problemas deficitários sejam sanados e fortalecido com o acompanhamento dessas áreas para políticas públicas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, E. L.; MOURA H. F. N.; LOPES D. S.; BRITO J. S. **Análise dos índices de cobertura vegetal arbórea e sub-arbórea das praças do centro de Teresina-PI.** III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012.

ANGEOLETTO, F., SANTOS, J. W. M. C.; RUIZ SANZ, J. P.; SILVA, F. F. D.; ALBERTÍN, R. M. (2016). **Tipologia sócio - ambiental de las ciudades medias de Brasil: aportes para um desarrollo urbano sostenible.** Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 8, 272 - 287.

ARAÚJO, A. N.; MESQUITA, P. I. dos S.; MORAIS, E. G. de. **Análise espacial e identificação de alterações no zoneamento urbano da cidade de Altamira – PA.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015.

AZA, N. M. F. **Análise da relação entre a distribuição espacial da cobertura arbórea urbana e variáveis socioeconômicas.** 71f. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

BORGES, C. A. R. F.; MARIM, G. C.; RODRIGUES, J. E C. **Mapeamento da cobertura vegetal do bairro da Marambaia–Belém/PA.** REVSBAU, v. 7, n. 4, p.16-26, 2012.

BORGES, D. A. B.; LIMA, E. R. V.; SANTOS, J. S.; CUNHA, M. C. L.; CASTRO, A. A. B. C. **Análise da arborização urbana na cidade de Patos/PB.** October 2019. Revista Brasileira de Geografia Física.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988.** Brasília, DF, Senado, 1988.

CARDOZO, M. C.; ARRUDA, E. M. **Análise ambiental e ocupação de áreas de risco na bacia do córrego dos ourives, Salto de Pirapora-SP.** OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v. 7, n. 19, p. 35-51, 2016.

FABRÍCIO, E. P. et al. **Planejamento urbano sustentável/Sustainable urban planning.** Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 2, p. 1326-1338, 2019.

FREIRE, R. L. S.; SILVA, A. C.; JÚNIOR, J. M. T. **Avaliação de qualidade ambiental de ruas nos bairros Aldeota e Messejana, Fortaleza/CE.** REVSBAU [on-line], Piracicaba – SP, v.7, n.2, p.116-127, 2012. Disponível em: <http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo241-publicacao.pdf>

GOMES, M. F.; QUEIROZ, D. R. E. **Avaliação da Cobertura Vegetal Arbórea na Cidade de Birigui com Emprego de Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.** Revista Geografar (UFPR), v. 6, p. 93-117, 2011.

GONÇALVES, E.; FILIPPI TEIXEIRA, I. Percentual e índice de cobertura arbórea para a área urbana de São Gabriel - RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 4, 14 fev. 2020.

GONÇALVES, W. B.; CORAL, D. J.; SIQUEIRA, M. V. B. M. **Caracterização da arborização urbana no bairro centro do município de Ibitinga/SP.** Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba, v. 12, n. 3, p. 66-79, 2017.

GUEDES, G. H.; RIBEIRO, K. F. S.; CARMO, T.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O. **Redes de infraestrutura urbana e suas relações com os componentes técnicos, sociais e ambientais.** Revista Valore, Volta Redonda, RJ, v. 2, n. 2, p. 329-340, ago./dez. 2017.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. de C. Salvador; TAVARES, A. R. **Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP.** Revista Árvore, Viçosa-MG, 2006. v.30, n.2, p.277-282.

HERNANDEZ, J. A. Z. **Mapeamento da arborização de calçadas nas vias públicas de Ponta Grossa - PR com uso de sensoriamento remoto. 2020.** Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008). **Mapas Temáticos.** Mapas Temáticos. www.mapas.ibge.gov.br/tematicos.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico: séries temporais.** Rio de Janeiro, [2015]. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010Serie.asp?o=2&i=P>>. Acesso em: março de 2022.

JIM, C. Y. **Tree Canopy Characteristics and Urban Development in Hong Kong.** In: The Geographical Review. V. 79, 1989.

LIMA NETO, E. M. **Fotografias aéreas para mensuração da área de copa das árvores de ruas de Curitiba – PR.** Floresta, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 577 - 586, jul./set. 2012.

_____. **Índice e métricas para a gestão das árvores de Rua de Boa Vista – RR a partir de cadastro espacial.** 168f. Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H.; BOBROWSKI, R. 2012. **Fotografias aéreas para mensuração da área de copa das árvores de ruas de Curitiba–PR.** Floresta, 42, 577-586.

LIMA, A. M. L. P. **Análise da arborização viária na área central e em seu entorno.** Tese Doutorado em Fitotecnia. Escola Superior de Agronomia, Piracicaba, 1993.

LINDENMAIER, D. S.; SOUZA, B. S. P. **Avaliação da cobertura vegetal arbórea em Cachoeira do Sul/RS: índice e distribuição espacial do elemento verde na paisagem urbana.** Revista Geografia Ensino & Pesquisa, v. 19, n. 3, p. 79-88, 2015.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec, 1985, 224p.

LONGLEY, P.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D.; RHIND, D. 2005. **Geographical Information Systems and Science.** 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

MCGRANAHAN, G.; SATTERTHWAITTE, D. **Urbanisation concepts and trends.** London: IIED, 2014. 27p.

MESQUITA, F. N.; SILVESTRE, K. S.; STEINKE, V. A. (2017). **Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016.** Revista Brasileira de Geografia Física, 10 (3), 722 - 734.

MILANO, M. S. **Planejamento da Arborização Urbana: relações entre Áreas Verdes e Ruas Arborizadas.** IV Encontro Brasileiro sobre Arborização Urbana, 1990. Curitiba. Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1990.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000.

MINHOTO, E. S.; MONTEIRO, E. A.; FISCH, S. T. V. 2007. **Arborização Viária na cidade de Taubaté, SP: no Centro Comercial histórico e um bairro residencial moderno**. REVSBAU. 4, 82-96.

MIRANDA NETO, J. Q. de; HERRERA, J. A. **Expansão urbana recente em Altamira (PA): novas tendências de crescimento a partir da instalação da UHE Belo Monte**. *Ateliê Geográfico, [S. l.]*, v. 11, n. 3, p. 34–52, 2018. DOI: 10.5216/ag.v11i3.33766. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/ateliê/article/view/33766>. Acesso em: 5 out. 2021.

MONTGOMERY, M. R. et al. **Cidades Transformadas: Mudança Demográfica e Suas Implicações no Mundo em Desenvolvimento**. Washington DC: National Academics Press, 2004.

NÓBREGA, C. C. et al. **Análise de áreas verdes urbanas no município de Patos, Paraíba**. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 14, n. 3, p. 204-212, 2018.

NUCCI, J. C. et al. **Cobertura vegetal no bairro Centro de Curitiba/PR**. Artigo publicado na Revista GEOURJ, número especial. Rio de Janeiro, 2003 (CD ROM), 119r. 1 a 14.

NUCCI, J. C.; CAVALHEIRO, F. **Cobertura vegetal em áreas urbanas - conceito e método**. Revista GEOUSP n° 6. São Paulo. 1999, p. 29-36.

OKE, T. R. **City size and urban heat island**. In: *Atmospheric Environment*. Oxford. 1973, p. 769-779.

PACHECO, A. P. **Sensoriamento Remoto Multiespectral aplicado à cobertura vegetal de Mata Atlântica**. Revista da Comissão Brasileira de Geodésia. Disponível em: <www.geodesia.ufsc.br>, Acesso em: 30 de maio de 2007.

PEREIRA, M.; ROCHA, J. R.; MENGUE, V. P. **Comparação de índices e espacialização da cobertura vegetal arbórea dos bairros centro de duas metrópoles brasileiras: Belo Horizonte e Porto Alegre**. Revista SBAU, v. 5, n. 1, p. 106-125, 2010.

PINHEIRO, M. A.; COSTA, D. R. da; DUTRA, F. B.; FRANCISCO, B. dos S.; TERAÇÃO, B. S.; PERUSSI, G.; VIVEIROS, E.; SILVA, J. M. S. da. **Analysis of the composition and distribution of street trees as a tool for urban planning**. *Research, Society and Development, [S. l.]*, v. 11, n. 3, p. e8311326016, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i3.26016. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26016>. Acesso em: 15 mar. 2022.

PLANO DIRETOR DE ALTAMIRA. **Processo de Revisão do Plano Diretor do Município de Altamira/PA, Volume II, dezembro de 2010**. Disponível em: <http://www.altamira.pa.gov.br/site/category/plano-diretor/>. Acesso em 09 de setembro de 2022.

REBELLO, F. K.; HOMMA, A. K. O. **História da colonização do nordeste paraense: uma reflexão para o futuro da Amazônia**. Belém: Edufra, 2017.

ROBBE, F.; MACEDO, S. S. (2002). **Praças Brasileiras**. EDUSP.

ROLLON, M. S.; SIQUEIRA, M. V. B. M. **Diagnóstico arbóreo comparativo em bairros de Lençóis Paulista – SP**. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*. Piracicaba, v. 13, n. 1, p. 43-56, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v13i1.63598>.

SANTOS, N. D.; TEIXEIRA, I. F. (2001). **Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação**. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 135p.

SBAU - **Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Carta a Londrina e Ibiporã. Boletim Informativo, v.3, n.5, p.3, 1996.

SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, N. M. **Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos**. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v4i4.66445>.

SILVA, D. C. C. **Proposta metodológica para elaboração de um índice espacial de sustentabilidade ambiental aplicado a bacias hidrográficas**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Sorocaba: UNESP. 2016.

SILVA, J. V. L.; SILVEIRA, R. L. L. (2020). **Urbanização, Planejamento e Arborização: uma análise da cidade de Santa Cruz Do Sul/RS**. *Colóquio - Revista do Desenvolvimento Regional*, 17(1), 161 -180.

SILVERMAN, B. W. **Density estimation for statistics and data analysis**. London: Chapman and Hall, 1986.

SOANES, K., SIEVERS, M., CHEE, Y. E. *et al.*, 2018. **Correcting common misconceptions to inspire conservation action in urban environments**. *Conservation Biology*, 33(2), 300–306. <https://doi.org/10.1111/cobi.13193>.

SOUZA, C. P.; NOGUEIRA, W. G. C; SARAIVA, A. L. B. C. **Conforto térmico humano em ambientes escolares de clima semiárido**. *Revista GeoInterações*, v. 2, n. 1, p. 95-113, 2018.

SOUZA, N. P.; SILVA, E. M. G. C.; TEIXEIRA, M. D.; LEITE, L. R.; REIS, A. A.; SOUZA, L. N.; ACERBI JUNIOR, F. W.; RESENDE, T. A. **Aplicação do Estimador de Densidade kernel em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor**. 2013. Disponível em: Acesso em: abril de 2022.

SOUZA, Q. P. S., SOUZA, P. T. S., FREITAS, A. D. D., PARAENSE, V. C., & SILVA, S. A. S. **Diagnóstico quali-quantitativo da arborização das praças do município de Altamira, Pará**. 2013. *Enciclopédia Biosfera*, 9 (17), 1080,1089.

TEIXEIRA, Italo Filippi; GONÇALVES, Everton Bastos. **Determinação do Percentual de Cobertura Arbórea (PCA) e do Índice de Cobertura Arbórea por Habitante (ICAH) para a área urbana de São Gabriel – RS, através de imagens do satélite Rapideye.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 9, p.64126-64139, sep. 2020. ISSN 2525-8761

UMBUZEIRO, A. U. B. **Altamira e sua história.** 4. ed. Belém: Ponto Press, 2012.
Correspondência do autor: Aldani Braz Carvalhoaldani@ufpa.br José Antonio Herrera
herrera@ufpa.br 2017-02-08 --2017-06-13 Artigo Recebido em:
08/02/2017 Revisado pelo Autor em: 13/06/2017 Aceito para Publicação em: 13/06/2017.

Este artigo está formatado nas normas da revista Diversitas Journal, disponível em:
https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal.

ARTIGO II

EXPANSÃO URBANA E SUA INFLUÊNCIA NO MICROCLIMA NA CIDADE DE ALTAMIRA

URBAN EXPANSION AND ITS INFLUENCE ON THE MICROCLIMATE IN THE CITY OF ALTAMIRA

Elnatan Ferreira Feio¹; Raírys Cravo Herrera²; Gabriel Alves Veloso³; Haroldo Oliveira e Silva Júnior⁴

¹ Mestrando em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA). Email: elnatan.feio9@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1296-1119>

² Doutorado em Agronomia-Fisiologia Vegetal, Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA). Email: rairys@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9699-8359>

³ Doutor em Geografia, Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA). Email: gabrielveloso.geo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3655-4166>

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado do Pará - Campus Altamira (UEPA). Email: jrharoldo9@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8225-6151>

Resumo

A cobertura vegetal influencia diretamente nas condições do clima e umidade relativa do ar, amenizando o conforto térmico nas cidades e favorecendo uma melhor qualidade de vida aos munícipes. Para uma arborização de qualidade é fundamental a escolha das espécies adequadas, que sejam capazes de possibilitar um melhor sombreamento sem prejudicar as estruturas urbanas. O objetivo deste trabalho foi analisar a variação de temperatura da cidade de Altamira dos anos de 2011 e 2021, por meio do uso de imagens de satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 TIRS. As imagens foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, sendo escolhidas as imagens do dia 18 de agosto de 2011 e 27 de julho de 2021. Estes dias foram escolhidos por não apresentar coberturas com nuvens sobre a área de estudo nestes anos analisados. O processamento digital das imagens foi executado no software ERDAS (versão 9.2), com as operações matemáticas intra e interbandas espectrais desenvolvidas com a ferramenta Modal Maker. Observou-se um aumento significativo da temperatura nos últimos dez anos na cidade de Altamira após o crescimento populacional e expansão da malha urbana. Diante do exposto, orienta-se pela implantação de uma efetiva arborização na cidade para que cumpra o papel de amenização do clima urbano possibilitando uma melhor qualidade de vida aos habitantes. Por fim, este estudo pode apoiar no planejamento urbano em ações que visem a promoção do conforto e a atenuação de mudanças microclimáticas urbanas.

Palavras-chave: Arborização Urbana; Temperatura; Satélite; Sensoriamento Remoto.

Abstract

The vegetation cover influences climate conditions and relative humidity, reducing thermal comfort in cities and favoring a better quality of life for residents. For quality afforestation, it is essential to choose the right species, which are capable of providing better shading without harming urban structures. The objective of this work was to analyze the temperature variation in the city of Altamira in the years 2011 and 2021, using Landsat 5 TM and Landsat 8 TIRS satellite images. The images were acquired on the website of the National Institute for Space Research - INPE, with the images from August 18, 2011 and July 27, 2021 scope. These periods were chosen because they did not present cloud cover over the study area in these referred years' analyses. The digital processing of the images was carried out using ERDAS software (version 9.2), with intra and interband spectral mathematical operations developed with Modal Maker tool. There was a significant temperature increase in the last ten years in Altamira after population growth and expansion of the urban fabric. In such way, it is guided by the implementation of effective afforestation in the city so that it fulfills the role of softening the urban climate, allowing a better quality of life for the inhabitants. Finally, this study can support urban planning actions aimed at promoting comfort and mitigating urban microclimatic changes.

Keywords: Urban Afforestation; Temperature; Satellite; Remote sensing.

INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado e sem planejamento adequado das cidades, em especial nos países em desenvolvimento, como no Brasil, tem alterado as condições climáticas ideais para a vida de seus habitantes. Entre os fenômenos potencialmente capazes de causar alterações meteorológicas, a urbanização é uma das que mais contribuem para estas alterações no clima urbano (MAITELLI *et al.*, 1991; GOLDREICH, 1992; JAUREGUI; GODINEZ; CRUZ, 1992; ABREU, 2008).

A expansão da malha urbana nas pequenas, médias e grandes cidades, influenciada pelos surgimentos de novos bairros e loteamentos, além disso, associado a uma falta de planejamento voltado para uma arborização destas, tem provocado alterações no clima urbano, e conseqüentemente afetando o bem estar da população. Esse processo de expansão da malha urbana aconteceu (e vem acontecendo) na cidade de Altamira/Pará, sobretudo, após a instalação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte – UHE Belo Monte, sendo que, essa realidade faz parte de cidades que apresentaram um crescimento populacional desordenado e conseqüentemente a remoção de grande parte da vegetação natural para construção ou expansão das vias pavimentadas (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002).

A substituição do solo vegetado com presença de espécimes arbóreas, por materiais construtivos e pavimentação altera as propriedades térmicas da superfície, gerando maiores trocas térmicas entre as superfícies construtivas e o meio ambiente natural (ABREU, 2008; MOTA, 2011). O crescimento das cidades, por meio da retirada progressiva da paisagem natural, provoca alterações no ambiente construído por meio de mudanças no microclima. O clima essencialmente urbano diferencia-se do entorno rural, em termo de temperatura,

qualidade do ar, radiação solar e regimes de precipitação pluviométrica (HENRIQUE, 2010; BARTHOLOMEI, 2003).

O conforto térmico consiste no conjunto de elementos que permitem que mecanismos de autorregulação sejam mínimos, ou ainda em uma zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifeste se sentir bem (GARCIA, 1985; ROCHA e SOUZA, 2009).

Há uma clara correlação entre as variáveis climáticas e as áreas com diferentes graus de arborização nos centros urbanos, tal que, quanto menor a cobertura vegetal maior é a temperatura e menor a umidade relativa do ar. Sabe-se que a biodiversidade vegetal está atrelada ao espaço geográfico, neste sentido, existe um esforço na comunidade científica para entender quais aspectos da arborização exercem alguma influência sobre as variáveis climáticas em ambientes urbanos construídos (FORMIGA, 2022; MONTEIRO e MENDONÇA, 2009).

Nesse cenário, a elaboração de estudos sobre planejamento urbano e áreas verdes faz parte do processo de transformação das cidades, garantindo assim, a conformação dos espaços arquitetônicos, urbanísticos e paisagísticos (BARBOSA, 2005; PEREIRA e BARBOSA, 2016). Desta forma, produtos de sensoriamento remoto são essenciais para o monitoramento da relação entre perda de vegetação e aumento da temperatura de superfície em escalas temporais e espaciais, tornando possível a análise das organizações espaciais de diversos fenômenos naturais, antrópicos e suas interações com o meio (TEIXEIRA, 2015).

Os espaços verdes devem ser analisados, entendidos e estudados de acordo com a função que exercem, pois assim podem ser implementados em praças, corredores viários, bosques, parques, canteiros e calçadas, proporcionando um ambiente favorável a um bom modo de vida, que também é fundamental para o equilíbrio do ecossistema urbano (BORGES *et al.*, 2019; MOURA e SANTOS, 2009).

Assim, este trabalho pretende elucidar as seguintes questões que nortearam a temática da pesquisa: (i) quais os impactos térmicos ocorridos na cidade de Altamira nos últimos dez anos, após a expansão da malha urbana? (ii) a partir dessa expansão territorial do perímetro urbano, houve um aumento da variação de temperatura na sede do município de Altamira?

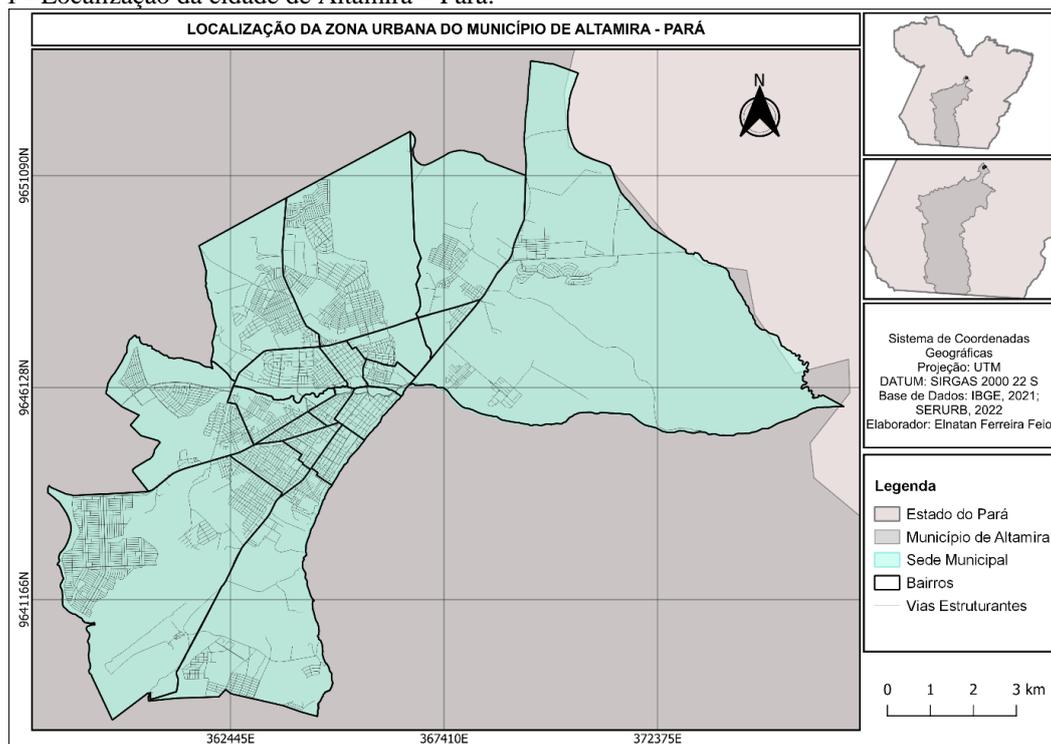
Dito isto, este trabalho tem como objetivo analisar, por meio do uso de produtos de sensoriamento remoto, a relação da cobertura vegetal e a temperatura de superfície da zona de adensamento urbano da cidade de Altamira-PA, associadas à compreensão da influência da vegetação no conforto térmico, visto que, ao serem constatadas orientam para políticas de planejamento e gestão da arborização urbana.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

O Município de Altamira, está situado na Mesorregião Sudoeste Paraense, Norte do Brasil, a 754 km da capital Belém. A sede do município tem as seguintes coordenadas geográficas de latitude sul e de longitude a oeste de Greenwich (figura 1). Conforme o IBGE, o município tem aproximadamente uma área de 159.533,306 km², com uma população estimada em 117.320 pessoas (2021), o que corresponde a uma densidade demográfica de 0,62 hab/km², sendo que no ano de 2019 apresentava 37,74 km² de área urbanizada, e no ano de 2010, 44,3% das vias públicas possuía arborização (IBGE, 2022).

Figura 1 - Localização da cidade de Altamira – Pará.



Fonte: O autor, 2022.

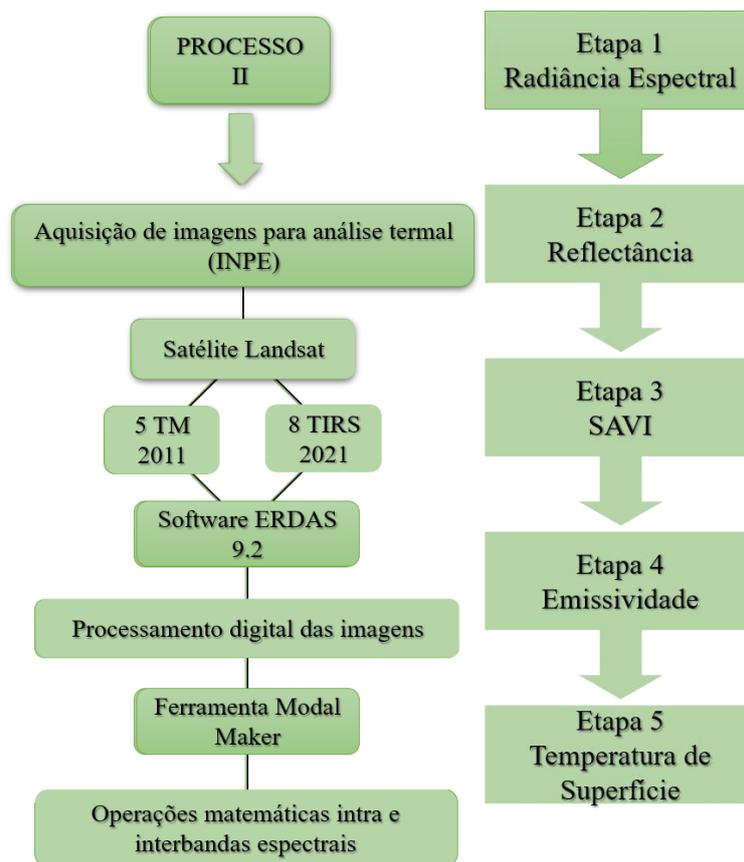
Segundo a classificação Köppen, o clima neste município é do tipo ‘Am’ (clima quente de monção) e ‘Aw’ (clima quente com chuva de verão), com temperatura média mínima anual de 22,1°C, temperatura média máxima de 32,4°C e precipitação pluviométrica média igual a 2.123mm/ano (SOUZA *et. al.*, 2013; IBGE, 2008). Destaca-se como polo

comercial, político, social e cultural na região da Transamazônica e Xingu (UMBUZEIRO, 2012).

Aquisição das imagens para análise termal

Para a estimativa da temperatura de superfície da zona urbana do município de Altamira, foi utilizado as imagens dos satélites Landsat 5 TM e Landsat 8 TIRS, referente aos anos de 2011 e 2021. As imagens foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, sendo escolhidas as imagens do dia 18 de agosto de 2011 e 27 de julho de 2021. Estes dias foram escolhidos por não apresentar nebulosidade sobre a área de estudo nos anos de 2011 e 2021.

Figura 2 - Fluxograma das etapas de obtenção da temperatura.



Fonte: O autor, 2023.

O processamento digital das imagens de satélite foi executado no software ERDAS (versão 9.2), com as operações matemáticas intra e interbandas espectrais desenvolvidas com a ferramenta Modal Maker. As etapas para a obtenção da temperatura de superfície estão

apresentadas no fluxograma da figura 2, mencionado anteriormente. Detalhes deste procedimento são encontrados nos trabalhos de Leite *et al.* (2020), Silva (2011) e Veloso (2018).

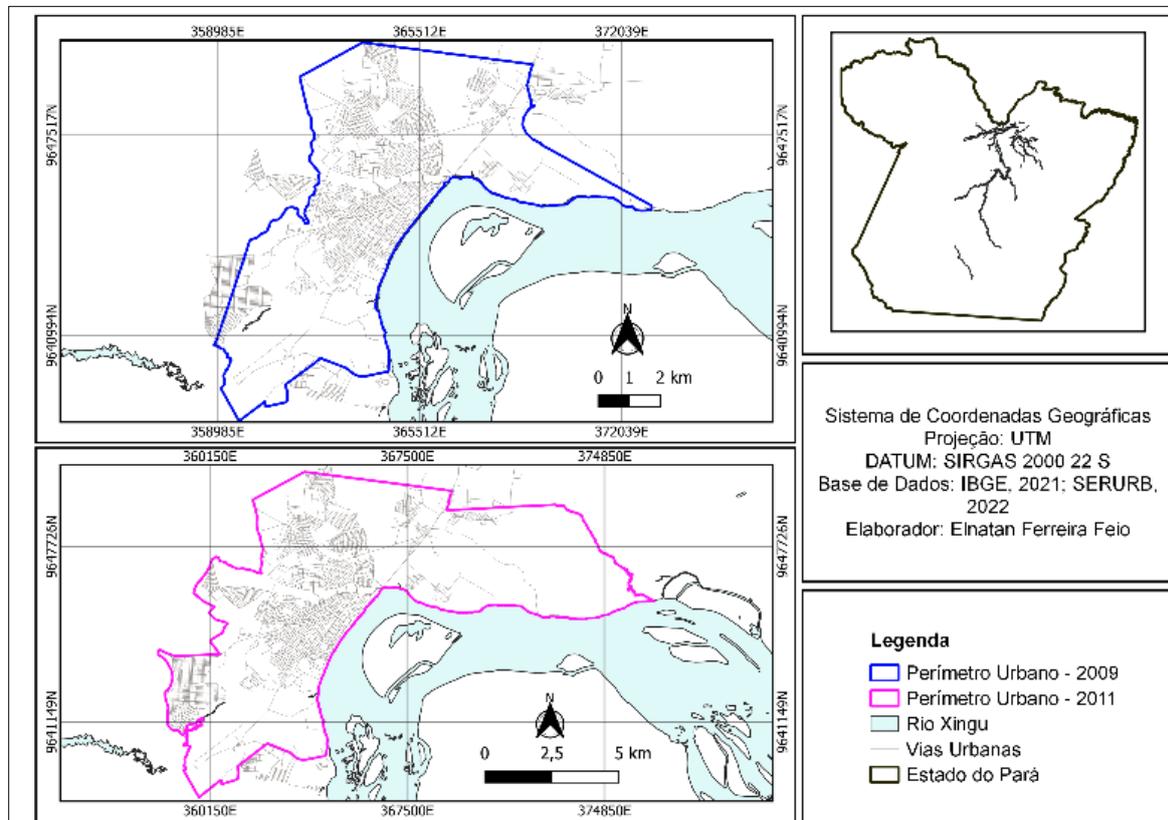
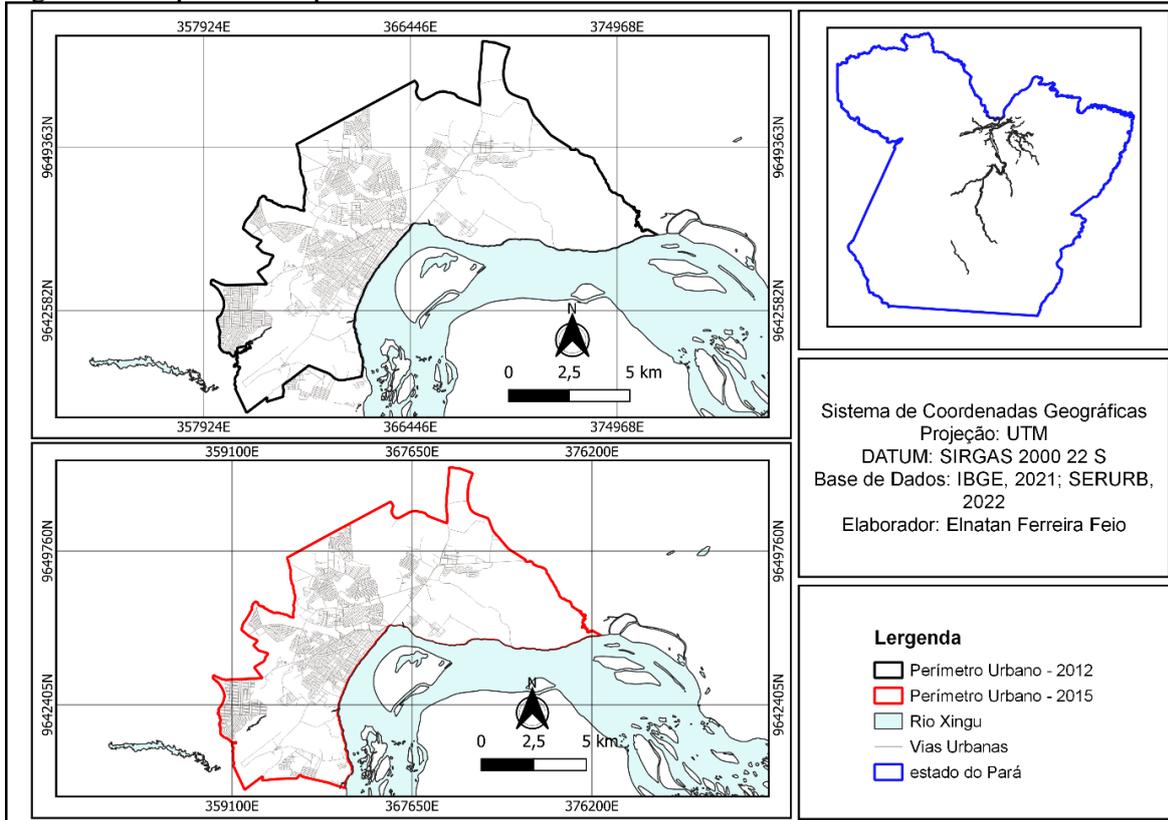
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da temperatura na cidade de Altamira dos anos de 2011 e 2021

Nos últimos anos, a cidade de Altamira passou por um grande impacto no processo de reestruturação de sua malha urbana com a ocorrência do surgimento de novos loteamentos empresariais, devido a especulação imobiliária advinda com a instalação da UHE Belo Monte. Concomitantemente, se observou o surgimento dos Reassentamento Urbanos Coletivos – RUCs, com a finalidade de abrigar os moradores atingidos pelo barramento do rio Xingu, nas áreas alagadiças (denominadas de Cota 100, que é uma cota de segurança instituída pela concessionária para contemplar a vazante e a cheia dos reservatórios da UHE Belo Monte).

Todo esse processo de redefinição dos espaços físicos no perímetro urbano da cidade de Altamira, incentivado pelas ações governamentais, necessita ser analisado para possibilitar o entendimento de sua interferência nas mudanças climáticas, na temperatura e na umidade relativa do ar. A figura 3, apresenta a modificação no perímetro urbano de Altamira entre os anos de 2009 a 2015.

Figure 3 - Expansão do perímetro urbano de Altamira de 2009 à 2015.



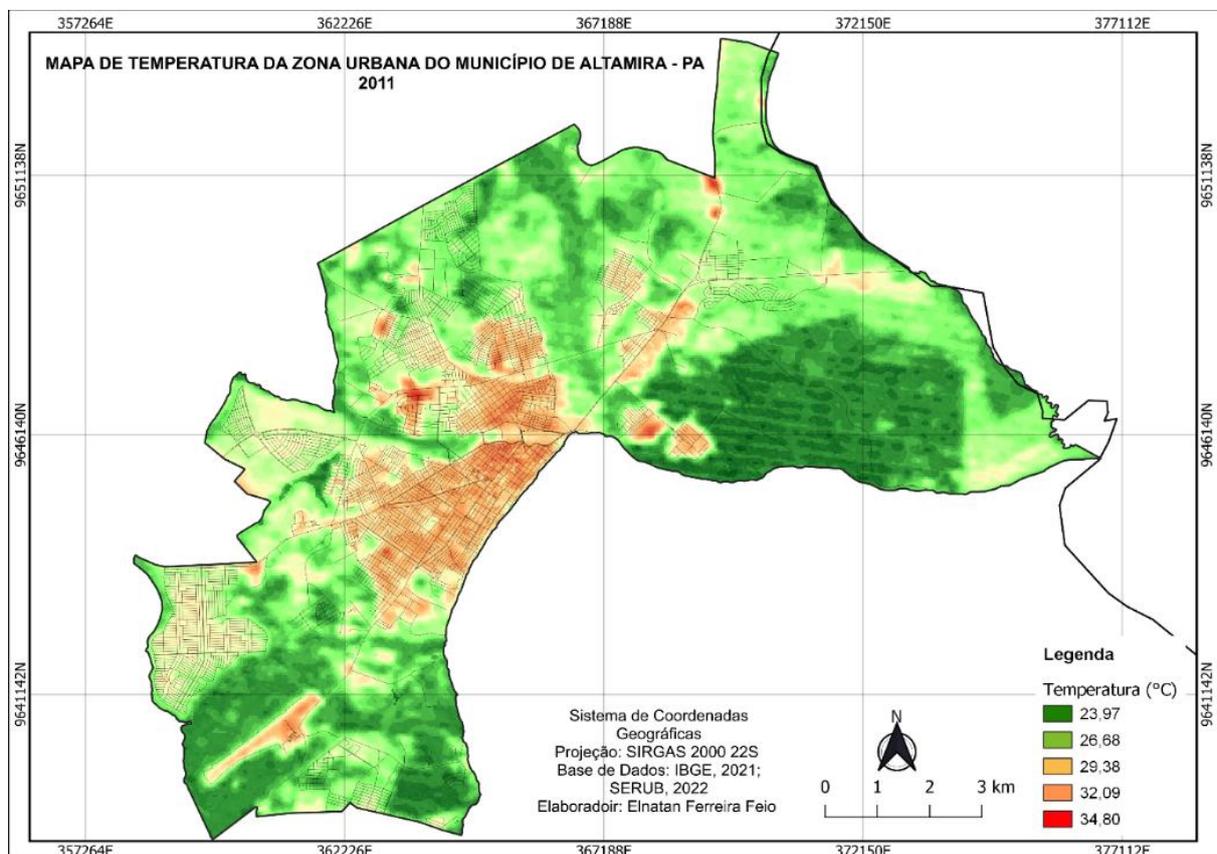
Fonte: O autor, 2023.

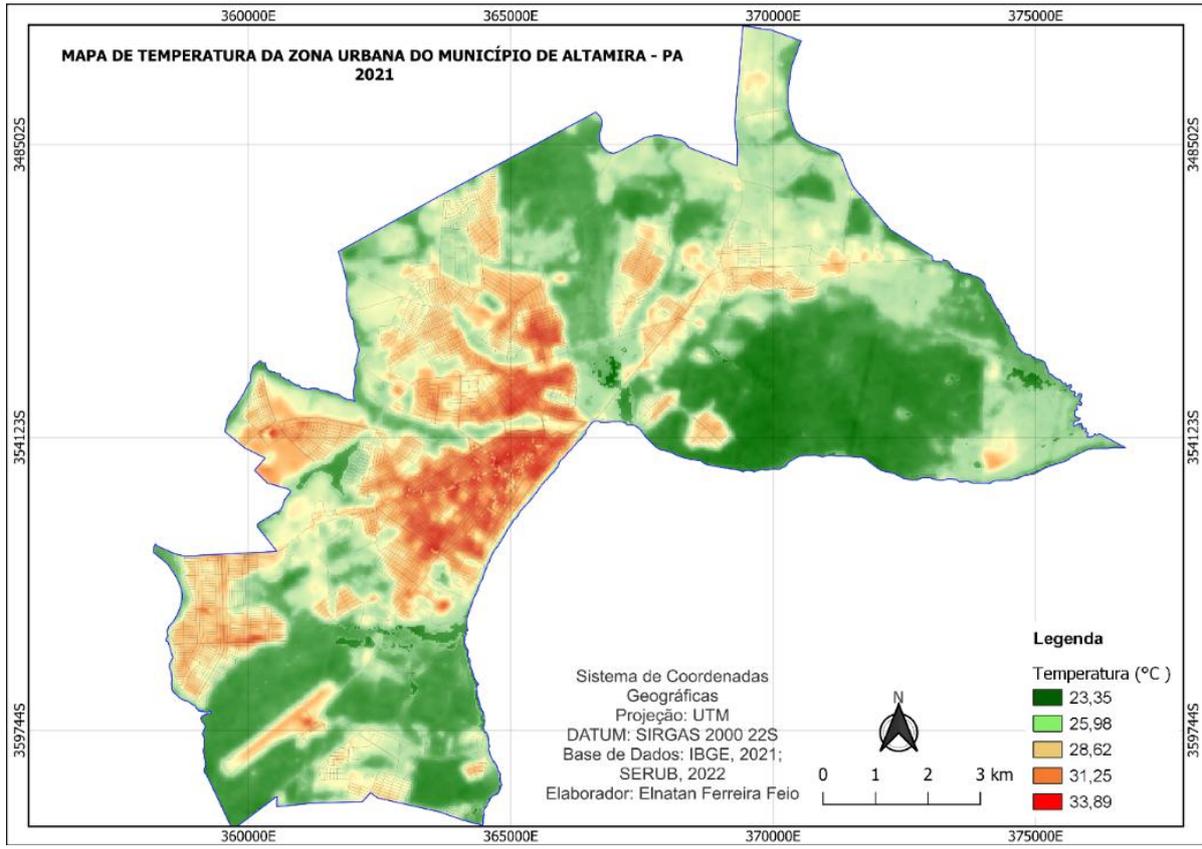
A importância de se estudar o conforto térmico das cidades reside no fato de que estas, como locais de grande adensamento populacional, devem proporcionar condições de bem-estar para quem habitam. Estas condições de bem-estar se expressam, sobretudo, pela presença de vegetação, que é uma condicionante fundamental da temperatura urbana (GOMES e AMORIM, 2003).

Carbone (2014) destaca que a ocupação antrópica desordenada agrava o problema de infraestrutura urbana, além de concentrar as moradias e reduzir as áreas verdes, propiciando a ocorrência de ilhas de calor com implicações diretas no conforto climático. Essa crescente ocupação desordenada influencia na qualidade de vida de quem reside nessas ilhas de calor, as quais Giguère (2009) define como regiões com alto índice de construções civis, caracterizadas por uma grande capacidade de armazenamento de energia térmica.

A figura 4 demonstra as condições térmicas terrestre da cidade de Altamira analisadas no ano de 2011, que variou entre 23,97°C a 34,80°C, mantendo uma constante em torno de 32°C nas áreas mais urbanizadas (ver figura 2 do primeiro capítulo), destoando da temperatura máxima registrada de 34°C, registrado em poucos pontos da cidade, conforme demonstrado do quadro 1.

Figura 4 - Mapa de Temperatura da Zona Urbana de Altamira para 2011 e 2021.





Fonte: O autor, 2023.

A figura 4 demonstra que no ano de 2021 a temperatura da cidade de Altamira variou de 23,35°C a 33,89 °C, mesmo que em 2011 em alguns pontos a temperatura alcançou 34,80 C°, as áreas urbanizadas da cidade, principalmente a área central a temperatura manteve-se em torno de 32,09 °C, quando comparado ao ano de 2021, a máxima atingiu 33,89°C para as mesmas áreas, sendo visualmente perceptível o aumento da temperatura.

Esse aumento da temperatura observado no ano de 2021 na área mais urbanizada da cidade onde concentra-se o maior número de edificações e pouca presença de vegetação arbórea ficou perceptível também esse aumento térmico nas áreas recentemente urbanizada, principalmente nas Zonas Norte, Sul e Oeste, principalmente nas regiões periféricas da cidade que passaram pelo processo de expansão de sua malha a qual a vegetação arbórea foi retirada para a criação dos lotes residenciais. Diferentemente do observado nas áreas com temperaturas menores (na coloração verde) onde a vegetação foi preservada, sendo algumas dessas áreas de usos restritos, como nordeste do perímetro urbano, e nas proximidades do aeroporto, localizado na região sul do perímetro.

Pereira *et al.* (2019), em seu estudo, constatou que as áreas impermeabilizadas com edificações e de menores quantidades de áreas verdes resultaram na formação das ilhas de calor. Todavia, Sousa *et al.* (2018) encontraram uma alta correlação entre a expansão da malha urbana e o aumento da temperatura na área urbanizada da cidade de Teresina-PI. Com isso, podemos inferir que as áreas urbanas são as que mais sofrem com as mudanças climáticas e com aumento na temperatura devido as modificações que ocorrem no ambiente, provocadas pela retirada da cobertura vegetal e não substituição das árvores nos logradouros públicos como forma de compensação para ter-se uma sensação térmica mais amena.

A expansão periférica urbana ocorreu sem a previsão de espaços verdes nos bairros, loteamentos e RUCs permitindo o aumento da sensação térmica. Embora não tenha ocorrido mudança significativa nos valores médios (quadro 1), o surgimento das áreas mais quentes foi proporcional ao crescimento da cidade, dada a implementação da infraestrutura conforme observado na região dos loteamentos Cidade Nova e Buriti, onde as temperaturas eram mais baixas em 2011, mas devido o adensamento urbano, a temperatura aumentou nessa área – fenômeno observado também em vários pontos da cidade (figura 4).

Quadro 1 - Classificação estatística da temperatura da cidade de Altamira dos anos 2011 e 2021.

Zonas	Temperatura	2011	2021
Zona Central	Máxima	33,6 °C	33,8 °C
	Mínima	27,4 °C	25,3 °C
	Média	31,6 °C	31,6 °C
Zona Norte	Máxima	33,2 °C	33,3 °C
	Mínima	24,4 °C	23,2 °C
	Média	27,8 °C	27,3 °C
Zona Sul	Máxima	33,6 °C	33,6 °C
	Mínima	24,1 °C	23,6 °C
	Média	27,4 °C	27,0 °C
Zona Leste	Máxima	34,4 °C	31,3 °C
	Mínima	23,9 °C	23,3 °C
	Média	26,6 °C	25,8 °C
Zona Oeste	Máxima	34,7 °C	33,3 °C
	Mínima	24,1 °C	24,2 °C
	Média	28,2 °C	28,3 °C

Fonte: O autor, 2023.

Por meio das imagens obtidas nestes dois períodos observa-se que houve mudança térmica na cidade de Altamira, demonstrando um aumento da temperatura em áreas maiores, comparado ao ano de 2011. Este aumento da temperatura da zona urbana da cidade de Altamira corrobora com os resultados de Feio *et al.* (2022), em que observaram que as áreas periféricas recentemente urbanizadas demonstraram baixos índices de densidade arbórea o que pode ter favorecido para o aumento da temperatura nessas áreas nestes últimos anos.

Em grandes centros urbanos, o aumento da temperatura está também associado à concentração de veículos e construção civil, que potencializam a produção artificial de calor, lançando partículas e gases na atmosfera. Assim, uma parte da radiação infravermelha que é refletida pela superfície para o espaço, fica bloqueada pela camada de poluição, comum nestes centros, provocando um efeito estufa local (CORRÊA *et al.*, 2012).

Pinheiro *et al.* (2018) ressaltam que o aumento da arborização nos perímetros urbanos traz inúmeros benefícios sociais, econômicos e ambientais para a cidade, pois mantém a biodiversidade urbana. Os maiores valores de temperatura nas imagens analisadas foram encontrados nas áreas onde a urbanização é mais intensa com o predomínio de materiais de alta absorção de calor, expandindo-se para as áreas recentemente urbanizada e sem cobertura vegetal.

A presença da vegetação nas cidades favorece a formação de sombras, a partir de sua copa, propiciando a regulação da umidade relativa do ar e da temperatura em condições ideais para a melhoria da qualidade de vida da população. No contexto de seus serviços ecossistêmicos, favorece o amortecimento de ruídos, a beleza cênica dos ambientes onde

estão inseridas e a absorção de micropartículas suspensas na atmosfera, permitindo controlar os volumes pluviométricos.

Quando analisada a área urbana, observa-se que as áreas centrais apresentaram valores mais elevados de temperatura, o que está relacionado à diminuição da vegetação seja pela supressão das árvores por estarem em conflito com as casas, muros, calçadas, fiação e que não foram substituídas por espécies adequadas.

O processo de ampliação da ocupação urbana se mostra presente quando comparada às imagens no ano de 2011 e 2021. Sendo perceptível também o aumento da temperatura nas regiões periféricas da cidade, isso pode ser explicado pelo aumento do adensamento de edificações devido ao aumento populacional nessas áreas. Percebe-se que mesmo nessas áreas mais recentes no processo de expansão da cidade a arborização ainda é baixa e seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações que desestruturam a vida da cidade e deterioram a qualidade de vida de seus habitantes (OKE, 1996; OLIVEIRA 1988; MONTEIRO, 1976).

Diante disso, infere-se que, por meio da análise de geoprocessamento das imagens, a temperatura terrestre da cidade de Altamira manteve-se em constante aumento tanto nas áreas centrais seguindo-se para as áreas mais periféricas, demonstrando que o crescimento da malha urbana nesses últimos anos não foi acompanhado com o planejamento da arborização urbana da cidade.

CONCLUSÃO

É perceptível a mudança de temperatura nas áreas onde houve crescimento da malha urbana no período amostral analisado. A supressão de espécimes arbóreos durante a expansão da malha urbana pode ter propiciado para o aumento significativo da sensação térmica a partir dos registros de ilhas calor apresentados nos resultados do geoprocessamento das imagens adquiridas, o que provocou uma modificação da sensibilidade das condições de conforto térmico nessas áreas, uma vez que a função termorreguladora das árvores foi cessada.

As áreas com temperaturas mais elevadas apresentaram aumento entre os anos de 2011 a 2021, sendo que isso pode ser explicado pela expansão da malha urbana para as regiões mais periféricas da cidade. Além disso, nota-se que nessas áreas onde observou esta expansão há deficiências na arborização, o que também pode explicar o aumento da temperatura. Ademais, conclui-se que as técnicas de sensoriamento remoto apresentaram

eficazes para o monitoramento da variação da temperatura de superfície e sua relação com a expansão urbana. E sendo assim, este trabalho possibilita nortear as ações e políticas públicas, de modo inteligente, para recuperar as áreas com deficiência de arborização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. V. Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas. Campinas, SP. 2008.

BARBOSA, R. V. R. Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas em Maceió (AL). (2005). 135 f. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.

BARTHOLOMEI, C. L. B. Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. 186 p., Campinas, 2003.

BORGES, D. A. B.; LIMA, E. R. V.; SANTOS, J. S.; CUNHA, M. C. L.; CASTRO, A. A. B. C. Análise da arborização urbana na cidade de Patos/PB. October 2019. Revista Brasileira de Geografia Física.

CARBONE, A. S. Gestão de áreas verdes no município de São Paulo, SP-Brasil: ganhos e limites. 2000. 242p. Dissertação (Mestrado em Ciências) -Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CORRÊA, P. B.; CORRÊA, J. A. J.; ANDRADE, S. C. P. Análise da temperatura do ar de superfície da área urbana de Santarém através de imagens termais do Landsat 5. Revista Geonorte, v. 4, n. 2, p. 714 – 722, 2012.

FEIO, E. F.; VELOSO, G. A.; HERRERA, R. C. (2022). Índices espaciais da arborização na cidade de Altamira – Pará, 2022Revista GeoAmazônia. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/index>. Acesso em: 09/02/2023.

FORMIGA, A. DE A. Influência da arborização urbana nas variáveis climáticas da cidade de Pombal-PB. 2022. Dissertação de Mestrado em Sistemas Agroindustriais. CCTA/UFCEG, Pombal – PB. 2022. 85P.

GARCIA, F.F. Manual de climatologia aplicada: clima, médio ambiente y planificación. Madrid: Editorial síntesis S. A. 1985.

GIGUÈRE, M. Urban Heat Island Mitigation Strategies. Instauré Aux Publications Du Québec, 2009. 75 p.

GOLDREICH, Y. Urban climate studies in Johannesburg, A sub-Tropical city located on a ridge - A review. Atmospheric Environment, v.26B, n.3, p.407-420, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0957-1272\(92\)90016-L](https://doi.org/10.1016/0957-1272(92)90016-L).

GOMES, M.A.S.; AMORIM, M.C.C.T. (2003). **Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP)**. Revista Caminhos de Geografia, 7, 94-106.

HENRIQUE, W. **Diferença e repetições na produção do espaço urbano de cidades pequenas e médias**. In: LOPES, Diva Maria Ferlin; HENRIQUE, Wendel (Org.). **Cidades médias e pequenas: teorias, conceitos e estudo de caso**. Salvador: SEI, 2010. pp. 45 – 78.

IBGE (2008). Mapas Temáticos. **Mapas Temáticos**. www.mapas.ibge.gov.br/tematicos.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico: séries temporais**. Rio de Janeiro, [2015]. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010Serie.asp?o=2&i=P>>. Acesso em: março de 2022.

JAUREGUI, E.; GODINEZ, L.; CRUZ, F. **Aspects of heat-island development in Guadalajara, Mexico**. Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere, v.26, n.3, p.391- 396, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0957-1272\(92\)90014-J](https://doi.org/10.1016/0957-1272(92)90014-J).

MAITELLI, G.T.; ZAMPARONI, C.A.G.P.; LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor em Cuiabá/MT: uma abordagem de clima urbano**. In: Encontro Nacional de Estudos do Meio Ambiente, 3. Anais. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1991.

MONTEIRO, C. A. de F. (1976). **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, USP, Instituto de Geografia. Série teses e monografias nº 25. 181p.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. Ed. Contexto, São Paulo, 2009.
MOTA, Suetônio. **Urbanização e meio ambiente**. Fortaleza: Abes, 2011.

MOURA, T.A; SANTOS, V.L.L.V. **Levantamento quali-quantitativo de espécies arbóreas e arbustivas na arborização viária urbana dos bairros centro e centro norte, Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba – SP, v.1, n.1, p.97-117, 2009.

OKE, T. R. (1996). **Boundary Layer Climates**. London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 372p.

OLIVEIRA, P. M. P. (1988). **Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. Brasília: UNB, 134p.

PEREIRA, G.T.; ARAÚJO, S.L.S.; CARDOSO, J.C.S.; OLIVEIRA, A.L.V.; CESCINETTO, J.L. DOS S.; PEIXOTO, K.P.P.; MOREIRA, R.M. **Análise da relação entre temperatura e cobertura vegetal de área urbana utilizando sensoriamento remoto em Coxim/MS**. South American Journal of Basic Education, Technical And Technological, v. 6, p. 42-53, 2019.

PEREIRA, J.D.S.; BARBOSA, R.V.R. (2016). **Análise das áreas verdes urbanas e sua influência na redução do rigor térmico em cidade de clima semiárido**. 12p. Anais do 7º Congresso Luso Brasileiros para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS 2016. Maceió-AL.

PINHEIRO, R.T.; MARCELINO, D.G.; MOURA, D.R. **Impacto da implantação do BRT na arborização da região central de Palmas, Tocantins**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 46, 2018.

PIVETTA, K.F.L.; SILVA FILHO, D.F. **Arborização urbana**. Boletim acadêmico. Unesp/Fcav/Funep Jaboticabal, SP, 2002.

ROCHA, L.M.V.; SOUZA, L.C.L. **Desenho urbano, clima e saúde em São Jose do Rio Preto**. In: Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Anais... Maringá: SIMPGEU, 2009.

SOUZA, C. P.; NOGUEIRA, W. G. C; SARAIVA, A. L. B. C. **Conforto térmico humano em ambientes escolares de clima semiárido**. Revista GeoInterações, v. 2, n. 1, p. 95-113, 2018.

SOUZA, Q. P. S., SOUZA, P. T. S., FREITAS, A. D. D., PARAENSE, V. C., & SILVA, S. A. S. **Diagnóstico quali-quantitativo da arborização das praças do município de Altamira, Pará**. 2013. Enciclopédia Biosfera, 9(17), 1080,1089.

TEIXEIRA, L.S. **Dinâmicas Territoriais em Rondônia: Conflitos fundiários entorno do Projeto Integrado de Colonização Sidney Girão (1970 -2004)**. 152 p. Dissertação (Mestrado em História) - Programa de Pós-Graduação em História, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Porto Alegre, 2015.

UMBUZEIRO, A. U. B. **Altamira e sua história**. 4. ed. Belém: Ponto Press, 2012.
Correspondência do autor: Aldani Braz Carvalhoaldani@ufpa.br José Antonio Herrera
herrera@ufpa.br 2017-02-08 --2017-06-13 ArtigoreCeBidoem:
08/02/2017 revisAdopeloAutorem: 13/06/2017 AceitopArApuBliCAçãoem: 13/06/2017.

Este artigo está formatado nas normas da revista REVSBAU, disponível em:
<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/63208>

ARTIGO III

COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE FLORÍSTICA DAS ÁRVORES PRESENTE NOS BAIRROS CENTRAIS DA CIDADE DE ALTAMIRA

COMPOSITION AND FLORISTIC DIVERSITY OF THE TREES PRESENT IN THE CENTRAL NEIGHBORHOOD OF THE CITY OF ALTAMIRA

Elnatan Ferreira Feio¹; Gabriel Alves Veloso²; Raírys Cravo Herrera³; Haroldo Oliveira e Silva Júnior⁴

RESUMO

Considerando a importância da cobertura arbórea de uma cidade por proporcionar diversos fatores como: embelezamento, sombreamento, melhoria do clima local diminuição a sensação térmica e melhorando a qualidade de vida dos cidadãos, faz-se necessário conhecer quais espécies compõem a arborização da cidade, portanto, este estudo teve como objetivo estudar a arborização em três bairros da Zona Central da cidade de Altamira. Para isso, realizou-se o censo arbóreo dos indivíduos presentes nas vias, alamedas e áreas públicas para identificar taxonomicamente as espécies presentes nesses bairros e determinar os Índices de Diversidade de Shannon-Weaver e Simpson e a Equabilidade de Pielou. Foram registrados um total de 792 indivíduos arbóreos, divididos em 59 espécies, pertencentes à 41 famílias botânicas, deste total identificados, verificou-se que 73% são espécies exóticas e 27% nativas. O Índice de Shannon-Weaver nos bairros Premem, Jardim Uirapuru e Esplanada do Xingu, atingiram os valores de 1.73, 1.81, 2.28; a Equabilidade obteve os valores 0.65, 0.57, 0.72; enquanto que para o Índice de Simpson, atingiram os seguintes valores 0.69, 0.71, 0.85, respectivamente. Portanto, orienta-se pela implantação de uma efetiva arborização na cidade para que cumpra o papel de amenização do clima urbano possibilitando uma melhor qualidade de vida aos habitantes, priorizando espécies nativas da floresta Amazônica como estratégia de potencialização de serviços ambientais.

¹ Mestrando em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA).
Email: elnatan.feio9@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1296-1119>

² Doutor em Geografia, Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA). Email:
gabrielveloso.geo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3655-4166>

³ Doutorado em Agronomia-Fisiologia Vegetal, Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA).
Email: rairys@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9699-8359>

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado do Pará - Campus Altamira
(UEPA). Email: jrharoldo9@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8225-6151>

Palavras-chave: Diversidade Florística; Arborização Urbana; Censo Arbóreo.

ABSTRACT

Considering the importance of tree cover in a city as it provides several factors such as beautification, shading, improvement of the local climate, decreasing of thermal sensation, and improving the quality of life of citizens, it is necessary to know which species make up the city's afforestation, therefore, this study aimed to study afforestation in three neighborhoods in the Central Zone of Altamira city. Accordingly, a tree census was carried out of the individuals present in the streets, avenues, and public areas to taxonomically identify the species found in these neighborhoods and determine the Shannon-Weaver and Simpson Diversity Indexes and the Pielou Equability. A total of 792 arboreal individuals were registered, divided into 59 species, belonging to 41 botanical families. From the total amount identified, it was found that 73% are exotic species and 27% are native. The Shannon-Weaver Index in the Premem, Jardim Uirapuru and Esplanada do Xingu neighborhoods reached values of 1.73, 1.81, 2.28; Equability obtained the values 0.65, 0.57, 0.72; while the Simpson Index reached the following values of 0.69, 0.71, 0.85, respectively. Therefore, it is guided by the implementation of effective afforestation in the city in such a way that it fulfills the role of softening the urban climate, enabling a better quality of life for the inhabitants, and prioritizing native species of the Amazon Forest as strategy to enhance environmental services.

Keywords: Floristic Diversity; Urban Afforestation; Tree Census.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a expansão das áreas urbanas têm sido considerados como fortes ameaças à conservação da biodiversidade em diferentes regiões do planeta, e ao mesmo tempo em que promove inúmeras facilitações dentro do sistema de concentração populacional das cidades e de recursos para sua manutenção, as transformações associadas à urbanização podem ser negativas para o meio ambiente e a saúde humana (GRIMM *et al.*, 2008).

De acordo com Moura e Santos (2009) o sucesso do planejamento da arborização está na escolha da espécie adequada a cada lugar. Uma árvore mal escolhida pode significar gastos por um longo tempo com manutenção da mesma no local. Todavia, o que muito se erra no planejamento urbano é a grande preocupação em conhecer sobre a espécie e a pequena preocupação em conhecer o ambiente em que se estará plantando-a.

A crescente substituição da flora nativa por plantas exóticas também pode ser considerada um problema, pois altera o ambiente natural que resta nos centros urbanos, uniformizando as paisagens de diferentes cidades e contribui para a redução da biodiversidade no meio urbano, dissociando-o do contexto ambiental onde se insere (MACHADO *et al.*, 2006).

A identificação e análise estrutural das espécies que compõem a formação vegetal de um determinado local é, portanto, uma das ferramentas necessárias ao planejamento e proposição de ações de manejo visando otimizar os serviços ecossistêmicos. Assim, estudos fitossociológicos realizados por estimativas ou quantificação permitem a tomada de decisões

e comparação com outros estudos (ROMANIL, 2014; COLETO; MÜLLER; WOLSKI, 2008).

Diagnosticar essas áreas é importante para a elaboração do planejamento da arborização de uma cidade (SCHWAB *et al.*, 2014), pois além da elevada área física, a cobertura vegetal é uma característica marcante nestes espaços, sendo um dos componentes de grande importância na formação da paisagem local (SILVA; MEUNIER; MIRANDA, 2007). Para conhecer a arborização da cidade, é necessário fazer um levantamento florístico para avaliar a situação e, por meio dos resultados obtidos, será possível verificar as soluções possíveis para cada local (ASSUNÇÃO *et al.*, 2014).

Um levantamento florístico é uma importante etapa no conhecimento de um ambiente ecológico por fornecer informações básicas para compreensão da viabilidade econômica dos estudos e planos do local e das espécies ali presentes, oferecendo dados sobre as propriedades ecológicas das espécies, como: a) formações de grupos, b) síndromes de dispersão, c) fenologia e formas de vida, e d) classificação e distribuição taxonômica de família e espécie. Teixeira e Gonçalves (2020) reforçam a aplicação deste critério ao mencionar que conhecer a composição florística é importante para que se possa entender a dinâmica desta vegetação, bem como para subsidiar às ações de manejo e auxiliar na preservação da diversidade de espécies e melhoria local, deste modo gerando informações fundamentais para a gestão.

Alguns dos índices de riqueza e diversidade são indicadores qualitativos de espécies e podem ser usados como base de projetos de manejo como ferramentas da arborização urbana (BOBROWSKI e BIONDI, 2016). Esses conhecimentos podem ser utilizados na elaboração de políticas públicas visando diretrizes para a conservação, o manejo ou mesmo a recuperação de áreas degradadas ou alteradas. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo realizar um censo arbóreo em três bairros da Zona Central da cidade de Altamira, para identificar taxonomicamente as espécies presentes nesses bairros e determinar os Índices de Diversidade e Equabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

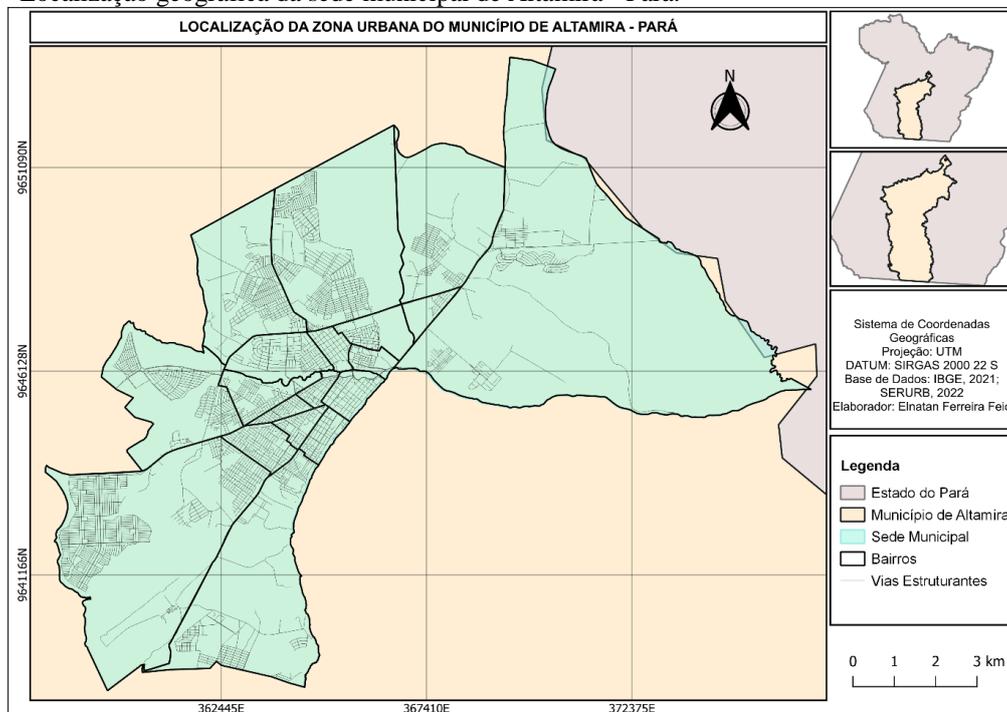
Área de estudo

O Município de Altamira, está situado na Mesorregião Sudoeste Paraense, Norte do Brasil, a 754 km da capital Belém. A sede do município tem as seguintes coordenadas geográficas de latitude sul e de longitude a oeste de Greenwich. Conforme o IBGE, o município tem aproximadamente uma área de 159.533,306 km², com uma população

estimada em 117.320 pessoas (2021), o que corresponde a uma densidade demográfica de 0,62 hab/km², sendo que no ano de 2019 apresentava 37,74 km² de área urbanizada, e no ano de 2010, 44,3% das vias públicas possuía arborização (IBGE, 2022).

Segundo a classificação Köppen, o clima neste município é do tipo ‘Am’ (clima quente de monção) e ‘Aw’ (clima quente com chuva de verão), com temperatura média mínima anual de 22,1°C, temperatura média máxima de 32,4°C e precipitação pluviométrica média igual a 2.123mm/ano (SOUZA *et. al.*, 2013; IBGE, 2008). Destaca-se como polo comercial, político, social e cultural na região da Transamazônica e Xingu (UMBUZEIRO, 2012) (figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica da sede municipal de Altamira - Pará.



Fonte: O autor, 2022.

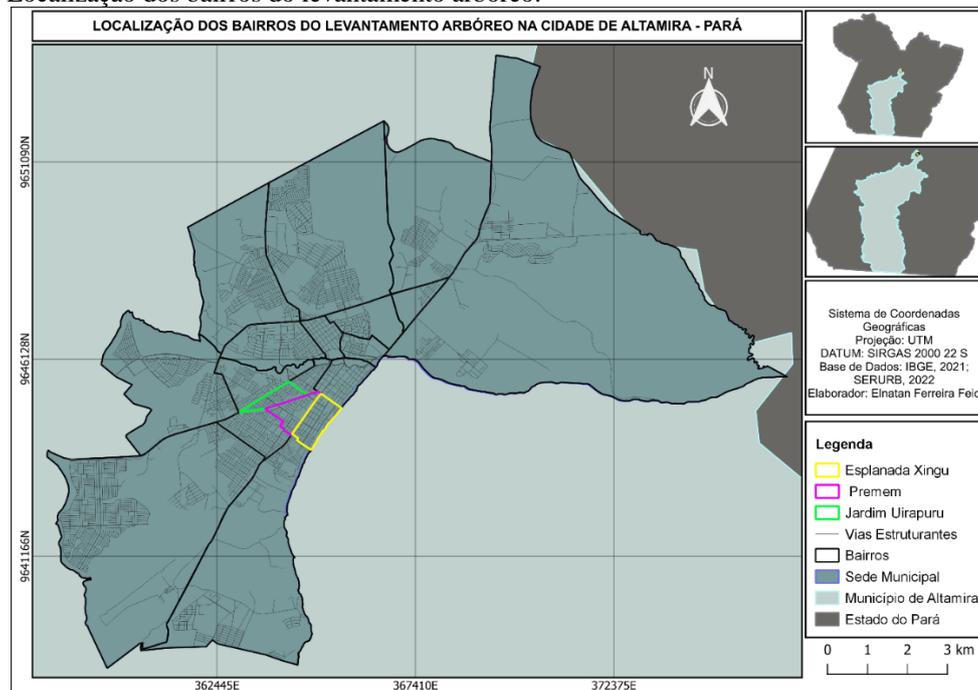
Metodologia

O levantamento da composição arbórea foi realizado no perímetro urbano da sede do município de Altamira (figura 2) – que segundo dados da SERURB (2022) totaliza 111,02 km² – delimitando a análise amostral neste trabalho a três bairros, a saber: (i) Esplanada do Xingu, (ii) Premem e (iii) Jardim Uirapuru. Durante a pesquisa foram realizados registros fotográficos (figura 3) de todos os espécimes catalogados para comparação com os disponíveis nos Herbário virtual do Reflora (<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora>) e

trópicos (<https://www.tropicos.org>) para identificação taxonômica e distribuição geográficas das espécies botânicas.

Os resultados obtidos foram organizados com a seguinte sequência: (i) família; (ii) espécie; (iii) nome popular; (iv) origem; (v) número de indivíduos por espécie e (vi) densidade relativa.

Figura 2 - Localização dos bairros do levantamento arbóreo.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 3 - Levantamento das espécies de árvores presentes nos bairros Centrais de Altamira.



Foto: Levantamento em campo, 2022.

Após o levantamento e identificação das árvores presentes na arborização urbana, fez-se a análise para determinar os índices de diversidades biológica de Shannon-Weaver, Simpson e o índice de equabilidade de Pielou (MENEGUETTI, 2003; SILVA FILHO e BORTOLETO, 2005; TOWNSEND *et al.*, 2010). A diversidade de espécies foi analisada pelo índice de diversidade de Shannon - Weiner (H') (COSTA *et al.*, 2017), segundo a seguinte equação:

$$H' = \frac{[N \ln(N) - \sum_{i=1}^S ni \ln (ni)]}{N} \quad (1)$$

Onde:

ni = número de indivíduos amostrados da i -ésima espécie;

N = número total de indivíduos amostrados;

S = número total de espécies amostradas;

\ln = logaritmo neperiano.

O índice de Equabilidade de Pielou é derivado do índice de diversidade de Shannon-Weaver e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (PIELOU, 1966). O valor resultante deste índice, apresenta uma escala de amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

O índice de equabilidade de Pielou foi calculado de acordo com a metodologia descrita em Biondi e Bobrowski (2014), sendo definido pela equação:

$$J' = \frac{H'}{H \max} \quad (2)$$

Onde: J - equabilidade proposta por Pielou, H' - índice de diversidade proposto por Shannon, Hmáx = log (S); sendo S - número total de espécies amostradas.

O índice de Diversidade Ecológica de Simpson (C) (BROWER; ZAR, 1984) é calculado com o emprego da expressão:

$$C = 1 - \sum pi^2 \quad (3)$$

Em que:

ni = nº total de indivíduos da espécie i.

N = nº total de indivíduos amostrados na área.

pi = (ni/N) é a probabilidade de que um indivíduo amostrado pertença a espécie i.

Este índice é um dos principais utilizados atualmente, para medir a diversidade florística em áreas urbanas, pois leva em consideração o número de espécies e a sua equabilidade, ou seja, a uniformidade de distribuição das espécies.

O índice de Simpson tem formulação derivada da teoria das probabilidades e é utilizado em análises quantitativas de comunidades biológicas. Este índice fornece a ideia da probabilidade de se coletar aleatoriamente dois indivíduos da comunidade e, obrigatoriamente, pertencerem a espécies diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da diversidade florística da arborização

Na maioria das cidades brasileiras, por meio de censo ou inventário amostral, altos percentuais de espécies exóticas são encontrados, geralmente acima de 70% (BIONDI e LIMA NETO, 2011). Em geral as cidades brasileiras não dispõem de planejamento efetivo para o plantio e o cultivo de espécimes arbóreos. A precariedade de estudos essenciais nesta área, associado ao desconhecimento do espaço verde urbano, tornam o tema um importante

instrumento de trabalho, fazendo da arborização e de seus conflitos com equipamentos da urbe chave para a elaboração deste estudo (LOCASTRO, 2016).

Diante disso, este levantamento censitário na área Central da cidade de Altamira poderá ser de fundamental importância para identificar e conhecer a atual distribuição arbórea, de modo a determinar por meio de índices ecológicos a avaliação quali-quantitativa das árvores nas vias públicas da sede municipal. O resultado obtido no trabalho em campo poderá também contribuir para o entendimento de como esse fenômeno poderá ser tratado a partir da tomada de decisão a nível de governo municipal, como por exemplo, servir como subsídio para a elaboração ou revisão do plano de arborização urbana.

O bairro Premem, conforme demonstrado na tabela 1, foram identificados 110 indivíduos arbóreos, divididos em 13 espécies pertencentes a 12 famílias botânicas. A espécie com maior frequência relativa foi o Macharimbé (*Cenostigma macrophyllum* Tul.), seguido pela Mangueira (*Mangifera indica* L.) e o Jambuí (*Syzygium malaccense* (L.) Merr & L. M. Perry) essas 3 espécies somam 71,82%. Dentre as espécies levantadas neste bairro 77% são exóticas e 23% nativas.

O bairro Jardim Uirapuru, conforme demonstra a tabela 2, foram identificados 312 indivíduos arbóreos distribuídos em 22 espécies e 13 famílias botânicas. A espécie com maior frequência foi o Macharimbé (*Cenostigma macrophyllum* Tul.), seguido por Mangueira (*Mangifera indica* L.) e Palmeira-imperial (*Roystonea oleracea* (Jacq.) O. F. Cook), essas 3 espécies somam 75,74%. Dentre as espécies levantadas para este bairro 59% são exóticas e 41% nativas.

O bairro Esplanada do Xingu apresentou o maior número de árvores na via pública quando comparado com os demais bairros, com 370 indivíduos classificados em 24 espécies e 16 famílias botânicas (tabela 3). Neste bairro as espécies com maior frequência foram a Mangueira (*Mangifera indica* L.), seguido pelo Nim (*Melia indica* (A. Juss.) Brandis) e Jambuí (*Syzygium malaccense* (L.) Merr & L. M. Perry), essas 3 espécies somam 52,97%. Dentre todos os indivíduos arbóreos levantados neste bairro 59% são de espécies exóticas e 41% nativas.

O levantamento do censo arbóreo realizado nos bairros Premem, Jardim Uirapuru e Esplanada do Xingu, contabilizou um total de 792 árvores distribuídas em 59 espécies, pertencentes a 41 famílias botânicas. Do total inventariado 73% são de espécies exóticas e 27% nativas, o que demonstra que o plantio das espécies nas vias públicas da cidade não foi acompanhado por um planejamento público prévio. Assim, corroborando com Parry *et al.*

(2012), que fica evidente a participação direta dos moradores na introdução das árvores na cidade.

As tabelas a seguir, trazem a tabulação dos dados amostrados no levantamento em campo, organizados conforme (i) família (ii) espécie, (iii) nome popular (iv) origem, (v) número de indivíduos e (vi) Densidade Relativa (DR).

Tabela 1 - Relação das espécies encontradas no bairro Premem.

Item	Família	Espécies	Nome popular	Origem	NI	DR
1	Fabaceae	<i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul.	Macharimbé	N	58	52,73
2	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	E	12	10,91
3	Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & LM Perry	Jambeiro	E	9	8,18
4	Arecacea	<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) OF Cook	Palmeira-imperial	E	8	7,27
5	Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Fícus	E	6	5,45
6	Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Castanhola	E	4	3,64
7	Fabaceae	<i>Senna siamea</i> (Lam.) HS Irwin & Barneby	Cassia-de-Sião	N	4	3,64
8	Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	E	3	2,72
9	Chrysobalanaceae	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oiti	N	2	1,82
10	Meliaceae	<i>Melia indica</i> (A. Juss.) Brandis	Nim	E	1	0,91
11	Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	E	1	0,91
12	Fabaceae	<i>Bauhinia blakeana</i> Dunn	Pata de vaca	E	1	0,91
13	Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	E	1	0,91
TOTAL					110	100

E = Exótica; N = Nativa; NI = Número de Indivíduos; DR = Densidade Relativa. Fonte: Pesquisa de Campo, 2022.

Tabela 2 - Relação das espécies encontradas no bairro Jardim Uirapuru.

Item	Família	Espécies	Nome popular	Origem	NI	DR
1	Fabaceae	<i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul.	Macharimbé	N	151	48,24
2	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	E	68	21,73
3	Arecaceae	<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) OF Cook	Palmeira-imperial	E	18	5,75
4	Chrysobalanaceae	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oiti	N	12	3,83
5	Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & LM Perry	Jambeiro	E	11	3,51
6	Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Fícus	E	9	2,88
7	Arecaceae	<i>Coco nucifera</i> L.	Coqueiro	E	8	2,56
8	Meliaceae	<i>Melia indica</i> (A. Juss.) Brandis	Nim	E	8	2,56
9	Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajueiro	N	5	1,6
10	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	E	5	1,6
11	Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	N	4	1,28
12	Fabaceae	<i>Parkia platycephala</i> Benth.	Párkia	N	2	0,64
13	Fabaceae	<i>Caesalpinia pluviosa</i> DC.	Sibipiruna	N	2	0,64
14	Anacardiaceae	<i>Spondias dulcis</i> Parkinson	Cajarana	E	1	0,32
15	Fabaceae	<i>Balizia pedicellaris</i> (DC.) Barneby & JW Grimes	Faveiro	N	1	0,32
16	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucena	E	1	0,32
17	Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	E	1	0,32
18	Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Flamboyant-de-jardim	E	1	0,32
19	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro-cheiroso	N	1	0,32
20	Lamiaceae	<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	Gamelina	E	1	0,32
21	Malpighiaceae	<i>Lophanthera lactescens</i> Ducke	Chuva-de-Ouro	N	1	0,32
22	Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	E	1	0,32
TOTAL					312	100

Legenda: E = Exótica; N = Nativa; NI = Número de Indivíduos; DR = Densidade Relativa. Fonte: Pesquisa de Campo, 2022.

Tabela 3 - Relação das espécies encontradas no bairro Esplanada do Xingu.

Item	Família	Espécies	Nome popular	Origem	NI	DR
1	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	E	89	24,05
2	Meliaceae	<i>Melia indica</i> (A. Juss.) Brandis	Nim	E	65	17,57
3	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucena	E	44	11,89
4	Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & LM Perry	Jambeiro	E	42	11,35
5	Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Ipê-amarelo	N	31	8,38
6	Arecaceae	<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) OF Cook	Palmeira-imperial	E	18	4,86
7	Arecaceae	<i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R. Br. ex mart.	Palmeira-leque	E	17	4,59
8	Arecaceae	<i>Caryota urens</i> L.	Palmeira-rabo-de-peixe	E	14	3,78
9	Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Fícus	E	11	2,97
10	Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Cássia-amarela	N	5	1,35
11	Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	Flamboyant-de-jardim	E	5	1,35
12	Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jambolão/azeitona-doce	E	5	1,35
13	Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	E	4	1,08
14	Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	E	4	1,08
15	Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	E	4	1,08
16	Fabaceae	<i>Acacia mangium</i> Willd.	Acácia-mangium	E	3	0,81
17	Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Castanhola	E	2	0,54
18	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Abacateiro	E	1	0,27
19	Fabaceae	<i>Ormosia henryi</i> Prain	Ormosia	E	1	0,27
20	Fabaceae	<i>Adenanthera pavonina</i> L.	Olho-de-Pavão	E	1	0,27
21	Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	Primavera	N	1	0,27
22	Meliaceae	<i>Ekebergia capensis</i> Sparrm.	Ekebergia	E	1	0,27
23	Magnoliaceae	<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	Magnólia-amarela	E	1	0,27
24	Cactaceae	<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	Ora-pro-nóbis	N	1	0,27
TOTAL					370	100

Legenda: E = Exótica; NI = Número de Indivíduos; DR = Densidade Relativa. Fonte: Pesquisa de Campo, 2022.

Análise do Índice de Diversidade

O índice de Shannon-Weaver é utilizado para caracterizar uma comunidade, referindo-se a medida do grau de incerteza associado à seleção aleatória de um indivíduo na comunidade, ou seja, se uma comunidade de espécies vegetais é muito homogênea. Portanto, quanto maior for o valor de H, maior será a diversidade florística da população em estudo (MENEGUETTI, 2003; TOWNSEND *et al.*, 2010). Quanto mais espécies existirem e mais homogênea for sua distribuição, maior será a diversidade, e, portanto, maior o valor do índice (RODE *et al.*, 2009).

O Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H') nos bairros Premem, Jardim Uirapuru e Esplanada do Xingu, atingiram os valores de 1,73, 1,81, 2,28, respectivamente. Esses índices são considerados medianos de acordo com Floriano (2009), determina os valores entre 1,5 a 3,5 de média diversidade, neste sentido recomenda-se que valores abaixo de 1,5 baixa diversidade e maior que 3,5 de alta diversidade.

O bairro Esplanada do Xingu demonstrou ser o bairro que apresentou maior diversidade dentre os levantados neste estudo com índice de 2,28, mesmo estando mediando. Neste bairro da cidade de Altamira, apresentou o índice de Shannon (H') próximo ao encontrado por Neve *et al.*, (2021) de 2,25 em estudo realizado nas praças do bairro Centro, no município de Santarém. Em Curitiba – PR, por exemplo, Bobrowski e Biondi (2016), ao pesquisarem a arborização obtiveram H' com 3,24, valor acima do encontrado em Altamira e em Santarém, considerado mediano, diferentemente do encontrado por Silva Filho e Bortoleto (2005) que estudou a arborização viária de Estância de Águas São Pedro – SP com resultado de 3,90.

O Índice de diversidade das praças do bairro Centro de Santarém encontrado por Neves *et al.*, (2021) e neste estudo do bairro Esplanada do Xingu em Altamira são superiores ao encontrado por Dantas *et al.*, (2016) e Almeida e Rondon Neto (2010) em estudos de diagnóstico florístico na cidade de Macapá – AP e nas cidades mato-grossenses de Alta Floresta, Carlinda e Nova Monte Verde, onde foram encontrados índice de diversidade de 0,98, 1,17, 1,75 e 1,76, respectivamente, para a arborização dos municípios. Os valores encontrados nessas cidades se aproximam dos encontrados neste estudo nos bairros Premem e Jardim Uirapuru em Altamira – PA.

Com relação ao valor do índice de Shannon-Weiner, o encontrado foi de 3,0, superior ao valor de diversidade que Aquino *et al.* (2021) encontraram ao avaliar a composição do bairro Santa Clara, também em Santarém (PA), e maior do que Moreira *et al.* (2018)

encontrou em Planalto (BA), ao analisar a arborização de praças públicas, além disso, foi um valor próximo ao encontrado em Analândia (SP), que foi 3,19, e ao valor encontrado em Sorocaba (SP), 3,19 (CARDOSO-LEITE *et al.*, 2014). Ressalta-se que, segundo Bobrowski e Biondi (2016), o Índice de Shannon-Weiner é influenciado mais pela riqueza de espécies do que pela equidade.

As regiões que mais se destacam com índices acima dos encontrados nas cidades Nortistas são os estudos realizados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, os valores dos índices de diversidade encontrados são altos, acima de 3,0 (TEIXEIRA *et al.*, 2013; ROMANI *et al.*, 2012; LINDENMAIER e SANTOS, 2008). Segundo Kramer e Krupek (2012) os menores valores foram encontrados no município de Guarapuava -PR, onde o índice foi igual a 2,66. Nos municípios da região Norte, um estudo de Stern e Molinari (2013) na cidade de Manaus (AM) encontrou índice de Shannon de 3,09.

O índice de Equabilidade de Pielou é derivado do índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (PIELOU, 1966), sendo que seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima) (GOMIDE *et al.*, 2006).

Os índices de Equabilidade de Pielou (J'), encontrados nos bairros Premem, Jardim Uirapuru, Esplanada do Xingu, atingiram os valores 0,65, 0,57, 0,72, respectivamente.

Neves *et al.* (2021), ao realizar um estudo nas praças do bairro Centro, no município de Santarém, encontrou um Índice de Equabilidade de Pielou (J'), de 0,52, valor abaixo do encontrado nos bairros de Altamira. Bobrowskie Biondi (2016), ao estudar a arborização de ruas de Curitiba – PR, encontrou 0,85 para o índice de equabilidade de Pielou (J'), para a parcela Centro e para a cidade de Curitiba 0,67. O mesmo valor foi obtido para o bairro Centro de Rorainópolis – RR, de acordo com Lima Neto *et al.*, (2012). Já no estudo realizado nas praças públicas de Gurupi – TO, o índice de Pielou foi 0,73, valor próximo aos obtidos nesse estudo. Segundo Silva (2015), esses resultados indicam uma boa uniformidade na composição florística dessas cidades avaliadas, por exemplo, no bairro Esplanada do Xingu foi o que demonstrou maior uniformidade de espécies na arborização do município.

Já o índice de diversidade ecológica de Simpson (C) para os bairros Premem, Jardim Uirapuru, Esplanada do Xingu, atingiram os seguintes valores 0,69, 0,71, 0,85, respectivamente. Nesse sentido, levando em consideração que quanto maior este índice, menor é a diversidade de espécies, podemos inferir que a maior diversidade distribuída se encontra no bairro Premem.

A mesma observação foi feita por Oliveira (2022) ao estudar as praças: Batista Campos, Brasil e República na cidade de Belém, para as quais obteve o índice de Simpson nos valores de 0,61, 0,78 e 0,67, respectivamente, sendo que desta amostra a praça da Batista Campos foi a que apresentou a maior diversidade. E quando comparada a praças de outras cidades, assemelham-se às uniformidades encontradas em Cachoeira do Sul – RS de 0,79 e Gurupi - TO de 0,73 (LINDENMAIER e DOS SANTOS, 2008; SILVA, 2015). Uramoto *et al.* (2005), explica que o índice de Simpson expressa a dominância de espécies e a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso serem da mesma espécie, usando para isto a parametrização que varia de 0 a 1, inferindo que quanto mais alto for estes valores da variação, maior a probabilidade de os indivíduos serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor a diversidade.

É possível constatar que, um grande número de espécies, não é um fator negativo em relação à arborização urbana, haja vista proporciona uma maior diversidade. Entretanto, segundo Lima Neto *et al.* (2012) afirmam que um grande número de espécies geralmente prejudica e dificulta as atividades de gestão, pois acaba ocorrendo o aumento de custos na arborização, devido à diversificação da produção de mudas e a manutenção das árvores após o plantio.

Para elaboração do plano de arborização urbana é importante levar em consideração, na fase planejamento, os critérios elencados por Zappi *et al.* (2022), a saber: tamanho da árvore, valor ornamental, impacto ecológico, distribuição amazônica, métodos de propagação e resiliência. Da aplicação destes critérios estes autores listaram um conjunto de 07 (sete) espécies arbóreas com potencial para utilização na arborização urbana na Amazônia, que são: ingá, ingá-canela (*Inga nobilis*), ingá-xixi-branco (*Inga umbelífera*), banha-de-galinha (*Swartzia arumateuana*), pau-sangue (*Swartzia brachyrachis*) (Fabaceae), cacauí (*Theobroma speciosum*) (Malvaceae), goiaba de anta (*Bellucia grossularioides*), araçá-da-várzea (*Mouriri acutiflora*) (Melastomataceae), as quais não foram identificadas nas atividades de levantamento em campo nos bairros amostrados neste trabalho.

CONCLUSÃO

A arborização dos bairros centrais da cidade de Altamira apresentou índices de diversidade biológica mediano quando comparado a outros estudos, no entanto, se faz necessário a adoção de um plano municipal adequado e efetivo para arborização, que respeite

as necessidades e particularidades de cada local e que priorize espécies nativas, considerando as problemáticas que espécies exóticas podem causar.

Observou-se que a maioria das espécies deste levantamento são exóticas, corroborando com a possibilidade de que o plantio dessas espécies não seguiu o planejamento adequado ao não priorizar as espécies nativas da região Amazônica, evidenciando a ausência da realização de estudo fitossociológico – ferramenta essencial para conhecer as espécies que poderão ser utilizadas na arborização da cidade.

A diversidade total de espécies encontradas foi média, todavia não há equilíbrio entre o número de indivíduos. Destarte, é necessário a formulação de um novo plano de arborização, afim de adquirir uma melhor razão entre número de espécies nativas e em grande número de indivíduos. Em geral, as ações mais recomendadas foram de poda de limpeza, maior monitoramento e adequação para padrões técnicos de manutenção mais eficientes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. N.; RONDON NETO, R. M. **Análise da arborização urbana de três cidades da região norte do Estado de Mato Grosso**. Acta amazônica, v. 4, n. 40, p. 647-656, 2010.

BIONDI, D.; BOBROWSKI, R. **Distribuição e dinâmica da área de copa na arborização de ruas de Curitiba, Paraná, Brasil, no período de 1984 - 2010**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 36, p. 625-635, 2014.

BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. **Pesquisas em Arborização de Ruas**. Curitiba: O Autor, 2011.150p.

DANTAS, A. R.; GOMES, E. M. C.; PINHEIRO, A. P. **Diagnóstico Florístico da Praça Floriano Peixoto na Cidade de Macapá, Amapá**. REVSBAU, Piracicaba, v. 11, n. 4, p. 32-46, 2016.

DE AQUINO, M. G. C.; DAS NEVES SILVA, J. J.; & MAESTRI, M. P. **Arborização urbana do bairro Santa Clara, Santarém, Pará: diversidade florística, origem e conflitos com a fiação elétrica**. Biodiversidade, v. 20, n. 1, 2021.

GOMIDE, L. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. **Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais**. Ciência Florestal, Curitiba, v. 16, n. 12, p. 127-144, abr. 2006.

IBGE (2008). Mapas Temáticos. **Mapas Temáticos**. www.mapas.ibge.gov.br/tematicos.

KRAMER, J.A.; KRUPPEK, R.A. **Caracterização florística e ecológica da arborização de praças públicas do município de Guarapuava, PR**. Revista Árvore, v. 36, n. 4, p. 647-658, 2012.

LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H.; BOBROWSKI, R. 2012. **Fotografias aéreas para mensuração da área de copa das árvores de ruas de Curitiba-PR**. Floresta, 42, 577-586.

LINDENMAIER, D. S.; SANTOS, N. O. **Arborização Urbana das Praças de Cachoeira do Sul-RS-Brasil: Fitogeografia, Diversidade e Índice de Áreas Verdes**. Pesquisas Botânica, n. 59, p. 307-320. São Leopoldo: Instituto Anchietano de Pesquisas, 2008.

LOCASTRO, João Karlos. **Arborização viária urbana e suas interferências no espaço público do Centenário do Sul – PR** / João Karlos Locastro – Maringá, 2016. 107 f.

MENEGHETTI, G. I. P. **Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos, SP**. 100 f. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, São Paulo.

NEVES, J.; AQUINO, M. G. C. de; MAESTRI, M. P.; SANTOS, J. L. dos; ALVES, F.; FIGUEIRA, E. **Florística e índices espaciais das praças do bairro Centro no Município de Santarém (PA)**. Rev Agro Amb, v. 14, n. 2, p. 383-394, 2021.

OLIVEIRA, G. M. **Índices ecológicos para a gestão da arborização de praças no município de Belém-PA**. Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022.

PIELOU, E. C. **A medição da diversidade em diferentes tipos de coleções biológicas**. Revista Teórica Biologia, v. 13, p. 131-144, 1966.

PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G. MOURA, D. R. de; BITTENCOURT, C. R. **Riqueza, diversidade e composição arbórea nas praças de Palmas, Tocantins**. Ci. Fl., Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 856-879, abr./jun. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/79Z6jHkjm7Jpj4qJdqwpmXr/>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2023.

RODE, R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; MACHADO, S. A. **Comparação florística entre uma floresta ombrófila mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um povoamento de Araucaria angustifolia de 60 anos**. Revista Cerne, Lavras, v.15, n.1, p. 101-115, 2009.

ROMANI, G. N. et al. **Análise qual-quantitativa da arborização na praça XV de Novembro em Ribeirão Preto – SP, Brasil**. Revista Árvore, v.36, n.3, p. 479-487, 2012.

SILVA FILHO, D. da; BORTOLETO, S. **Uso de indicadores de diversidade na definição de plano de manejo da arborização viária de Águas de São Pedro–SP**. Revista Árvore [on-line], Viçosa-MG, v.29, n.6, p. 973-982, 2005.

SILVA, A. D. P. **Estudos de índices espaciais e de diversidade florística das praças públicas de Gurupi, Tocantins**. 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi.

STERN, R; MOLINARI, D.C. **Aspectos fitossociológico da vegetação em área verde na zona leste de Manaus: Conjunto Cidadão IX (Amazonas)**. Revista Geonorte, v.8 n.1, Manaus, 2013.

TEIXEIRA, I. F.; FIGUEIREDO, F.M.; TABORDA, I. R.; SOARES, L. M. **Análise fitossociológica da praça Camilo Mércio no centro histórico de São Gabriel, RS**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba, v.11, n.1, p. 01-13, 2016.

TOWNSENDN, C. R.; BEGON. M. HARPER, J. L. **Padrões na riqueza das espécies**. In: **Fundamentos em ecologia**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

UMBUZEIRO, A. U. B. **Altamira e sua história**. 4. ed. Belém: Ponto Press, 2012. Correspondência do autor: Aldani Braz Carvalhoaldani@ufpa.br José Antonio Herrera herrera@ufpa.br 2017-02-08 --2017-06-13 ArtigoreCeBidoem: 08/02/2017 revisAdopeloAutorem: 13/06/2017 ACeitopArApuBliCAçãoem: 13/06/2017.

URAMOTO, Keiko; WALDER, Júlio M. M.; ZUCCHI, Roberto A. **Análise Quantitativa e Distribuição de Populações de Espécies de Anastrepha (Diptera: Tephritidae) no Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP**. Neotropical Entomology, v. 34 n.1 p. 033-039, 2005.

CONCLUSÃO GERAL

Este trabalho, a partir da compreensão da dinâmica populacional e territorial da cidade de Altamira, possui grande relevância para o atual contexto climático face ao esforço e às ações de controle e regulação térmica, conforme referenciando no Acordo de Paris, para o qual há a intenção entre os países signatários em não permitir que o aquecimento global eleve a temperatura, utilizando para isto a promoção de esforços locais para limitar o aumento a 1,5 °C.

Os resultados nos evidenciam que o déficit quantitativo relacionado ao número de árvores que compõem a arborização da cidade de Altamira apresentou baixos índices de cobertura e percentual vegetal nos bairros periféricos, em desacordo com as normas de recomendação para a agradabilidade térmica aos munícipes, consolidando sua maior parte de indivíduos arbóreos na zona central.

Com relação ao mapeamento da arborização da zona urbana da sede da cidade de Altamira realizado neste trabalho, a utilização das imagens e ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foram eficazes para a espacialização das ilhas de calor identificadas no perímetro urbano, haja vista os valores estatísticos não mostraram alteração significativa, visualmente foi perceptível este aspecto.

Conclui-se que este trabalho tem significância para a sociedade altamirense e para a formação do conhecimento científico, uma vez que apresenta informações sobre a atual condição da composição florística dos espaços urbanos. É necessário envidar esforços ao planejamento de políticas, com a participação da sociedade civil, para reflorestar os logradouros públicos desprovidos de cobertura vegetal, de modo a contribuir ao paisagismo e ao conforto térmico dos munícipes, levando em consideração as necessidades e particularidades de cada local.