

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>

Gabriel Alves Veloso

Doutor em Geografia

Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA)

gabrielveloso.geo@gmail.com

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

Raírys Cravo Herrera

Doutorado em Agronomia-Fisiologia Vegetal

Universidade Federal do Pará - Campus Altamira (UFPA)

rairys@gmail.com

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

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 conseqüências 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.

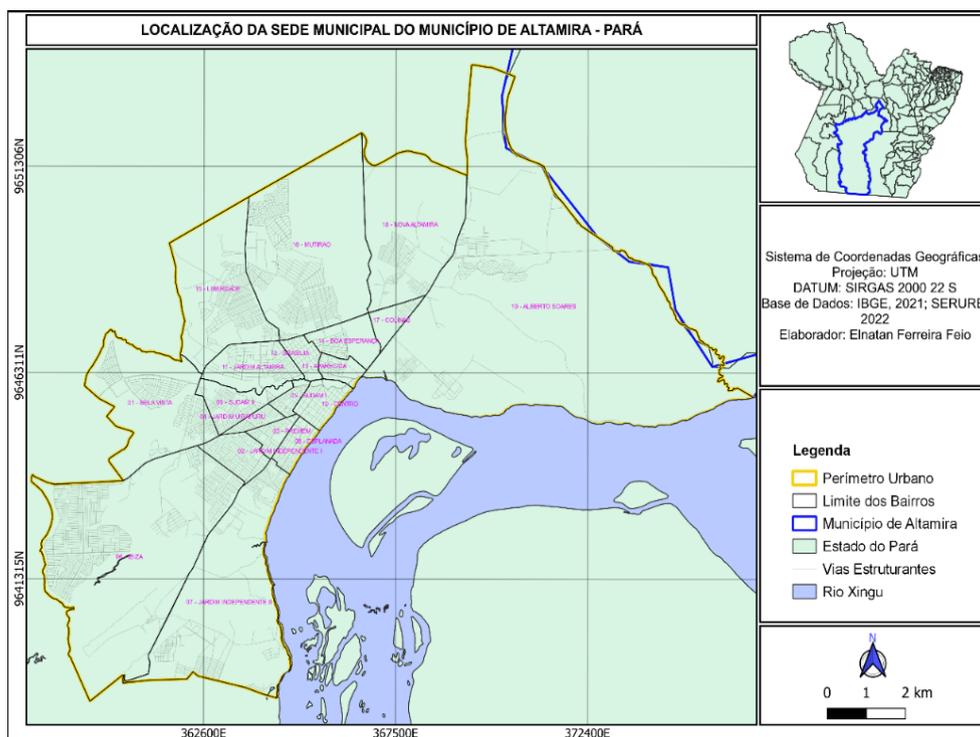
MATERIAL E MÉTODOS

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 01 - Localização geográfica da sede municipal de Altamira - Pará.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Metodologia de validação dos dados

Para o processamento e análise dos dados foi utilizado o software livre QGIS 3.24.1, no qual as imagens foram reprojetadas para o DATUM SIRGAS 2000. A partir da base de imagens do Google Earth, utilizando o software livre QGIS 2.18.13 Las Palmas através do Plugin QuickMapServices, que permite o acesso a várias bases de imagens georreferenciadas, onde todas as árvores presentes foram representadas por vetores do tipo polígono, sendo delimitadas a circunferência das copas ou o conjunto delas que estão presentes nas vias e áreas públicas, originando um polígono representativo. Neste aspecto, Lima Neto *et al.* (2012) afirmam que cada polígono permite a localização espacial e a quantificação da área das copas da arborização.

Posteriormente, foi realizada a vetorização poligonal dos indivíduos arbóreos, e calculadas as estimativas de parâmetros ambientais para a cidade de Altamira, tais como: Índices de Cobertura Vegetal por Habitante - ICVH e Percentual de Cobertura Vegetal - PCV (GOMES e QUEIROZ, 2011), conforme as equações 1 e 2. Para o ICVH, equação 1, foi utilizado a proporção do somatório da área coberta com vegetação (copas das árvores) dividida pela quantidade de habitantes da área urbana (HARDER; RIBEIRO; TAVARES, 2006). Já a equação 2, o PCV, foi

obtido por meio da somatória da área coberta (copa das 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 (LONGLEY *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

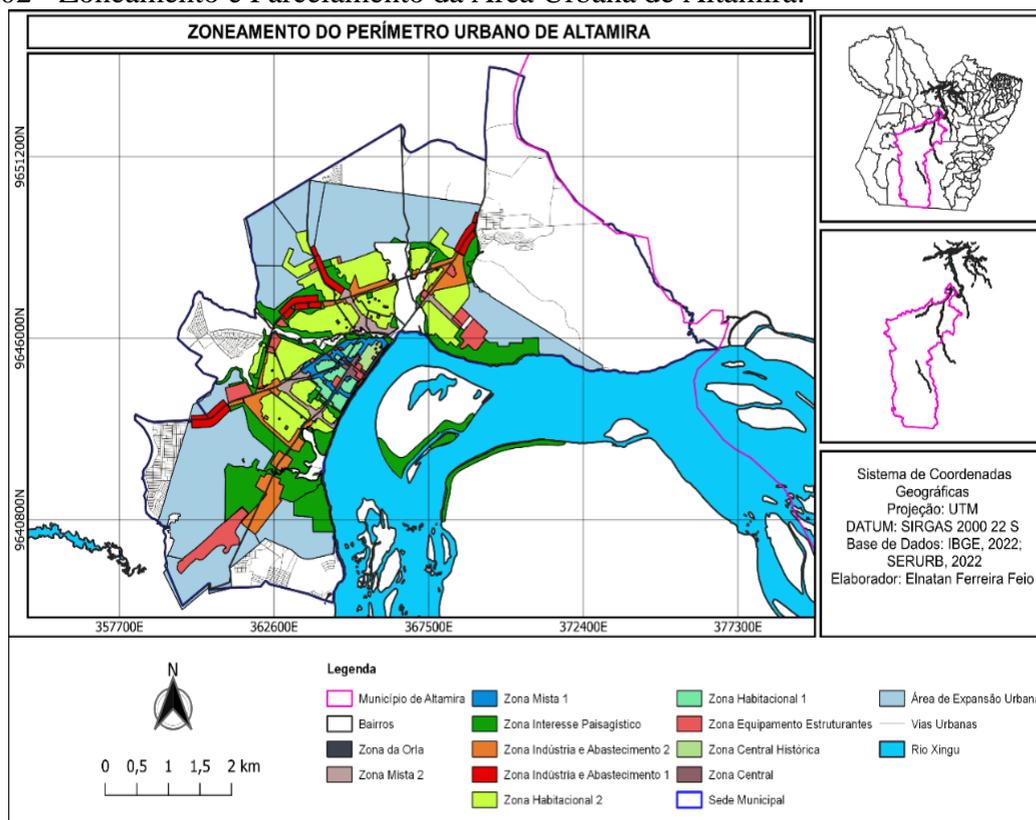
A estimativa de densidade de Kernel, comumente utilizada para mapeamento em diferentes áreas do conhecimento, neste trabalho foi empregada para analisar a distribuição e espacialização da arborização da cidade de Altamira, com o intuito de verificar os pontos com maiores e menores densidades de indivíduos 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 02 - Zoneamento e Parcelamento da Área Urbana de Altamira.

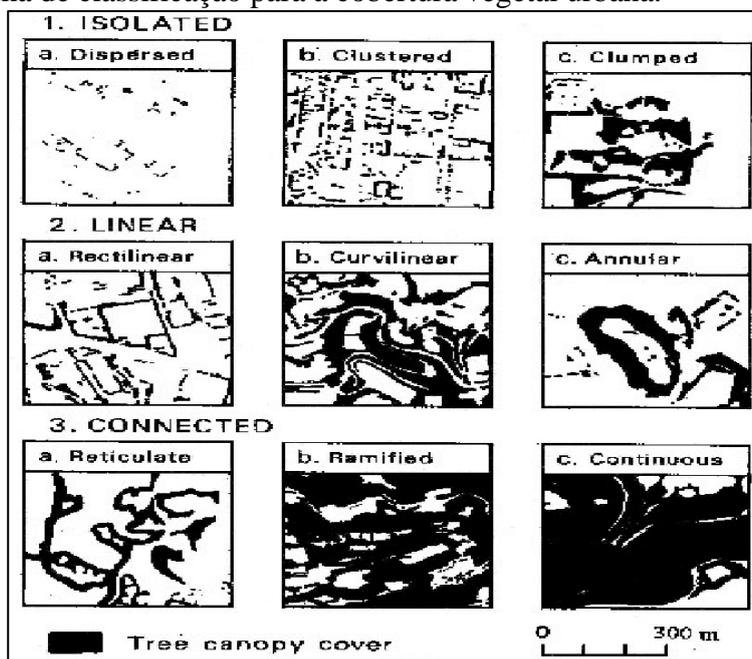


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

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.

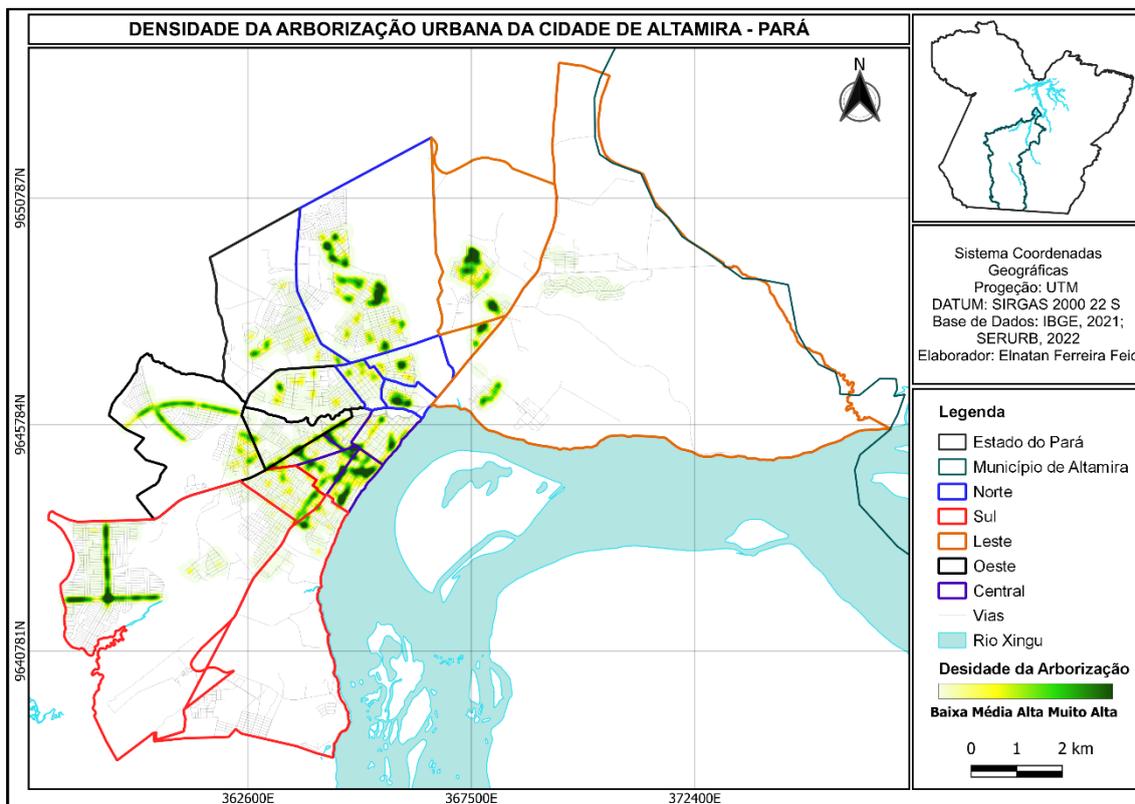
Figura 03 - Esquema de classificação para a cobertura vegetal urbana.



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 04 – 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 01 apresenta os valores encontrados a partir da somatória da área urbanizada por bairros e a somatória das copas das árvores vetorizadas.

Tabela 01 - Dados da somatória das copas por bairro da cidade de Altamira.

| Item | Bairro | Área Total do Bairro (m ²) | Área Urbanizada do Bairro (m ²) | Área Urbanizada do Bairro (%) | Área Total das Copas do Bairro (m ²) | % 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 edificados 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 01, 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 01, 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 Arbórea 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

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.; SATTERTHWAITE, 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 Iporã. 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 CeBidoem: 08/02/2017 revisAdopeloAutorem: 13/06/2017 AceitopArApuBliCAçãoem: 13/06/2017.