

## **Mapeamento da cobertura vegetal urbana de Natal/RN usando imagens Google Earth**

*Mapping of urban vegetation cover for Natal/RN using Google Earth images*

**Jocilene Dantas Barros**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

[jocilene.barros@inpe.br](mailto:jocilene.barros@inpe.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7869-7424>

**Luiz Antonio Cestaro**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil

[lacestaro@gmail.com](mailto:lacestaro@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0430-8566>

**Maria Luiza de Oliveira Terto**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil

[marialuizaterto@gmail.com](mailto:marialuizaterto@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8231-3478>

### **RESUMO**

A cobertura vegetal é um elemento do ambiente urbano que oferece diversos benefícios para a sociedade, mas historicamente vem sendo suprimida para ocupação. A análise de sua quantificação e distribuição espacial é importante, pois contribui na gestão ambiental das cidades. O município de Natal é a capital do estado do Rio Grande do Norte, considerada pelo seu Plano Diretor como totalmente urbana e composta por várias Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs) em seu interior. O software Google Earth PRO® tem na sua base um mosaico de imagens de satélites cuja resolução submétrica possibilita a realização de mapeamentos da vegetação urbana. O objetivo da pesquisa é analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal no município e a importância das Zonas de Proteção Ambiental nesse contexto. Os procedimentos consistiram na quantificação e mapeamento da distribuição da cobertura vegetal usando segmentação e classificação supervisionada de imagens dos anos 2012 e 2013. Constatou-se que Natal possui 4.626 hectares de cobertura vegetal (naturais e plantados), distribuídos em 153.891 fragmentos. Mais de 60% da área de cobertura vegetal está localizada nas Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs) da cidade e 83% dos fragmentos apresentam área entre 10 m<sup>2</sup> e 100 m<sup>2</sup>. Natal apresenta um Índice de Cobertura Vegetal de 27,5% e 54,2 m<sup>2</sup> de cobertura vegetal para cada habitante. Apesar de relativamente elevada, a cobertura vegetal não é regularmente distribuída, com áreas de maiores dimensões nos bairros periféricos com presença de ZPAs, evidenciando a importância dessas zonas para manutenção da vegetação, da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Classificação Supervisionada, Vegetação Urbana.

### **ABSTRACT**

Vegetation cover is an element of the urban environment that offers several benefits for society, but historically it has been suppressed by occupation. The analysis of its quantification and spatial distribution offers support to the environmental management of cities. The municipality of Natal is the capital of the state of Rio Grande do Norte, considered by its Master Plan is entirely urban and made up of several Environmental Protection Zones (EPZs) inside. The Google Earth PRO® software is based on a mosaic of satellite images whose submetric resolution allows the mapping of urban vegetation. The aim of the research is to analyze the spatial distribution of vegetation cover in the municipality and the importance of Environmental Protection Zones in this context. The methodological procedures consisted in the quantification and mapping of the distribution of vegetation cover using segmentation and supervised classification of images of the years 2012 and 2013. It was found that Natal has 4,626 hectares of vegetation cover (naturals and planted), distributed in 153,891 fragments. More than 60% of the vegetation cover area is located in the Environmental Protection Zones and 83% of the fragments have an area between 10 m<sup>2</sup> and 100 m<sup>2</sup>. Natal presents a Vegetation Cover Index of 27.5% and 54.2 m<sup>2</sup> of vegetation cover for each inhabitant. Although relatively high, the vegetation cover is not regularly distributed, with larger areas in the peripheral neighborhoods with the presence of ZPAs, highlighting the importance of these areas for maintaining vegetation, biodiversity and ecosystem services.

**Keywords:** Remote Sensing, Supervised Classification, Urban Vegetation.

## 1. INTRODUÇÃO

São inúmeros os benefícios que a vegetação urbana disponibiliza para seus habitantes. Dentre os serviços ambientais destacam-se a filtragem do ar e da água, melhoria do microclima, redução do escoamento superficial e mitigação de poluentes (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999). Essa vegetação também possui funções estéticas, como diversificação da paisagem construída e promoção do lazer, proporcionando bem-estar para os cidadãos que frequentam as áreas verdes, como praças e parques (GOMES; SOARES, 2003; MINAKI; AMORIM; MARTIN, 2006; NIEMELÄ, 2011).

Mesmo com suas funções e serviços sendo amplamente reconhecidos, a vegetação urbana continua sendo removida ou fragmentada, devido ao crescimento e adensamento populacional e à expansão das áreas construídas, dentre outras causas (RAMBALDI; OLIVEIRA, 2003), contribuindo para a degradação ambiental. A fragmentação provoca a simplificação dos ecossistemas, diminuindo suas funções ambientais, pois somente grandes áreas vegetadas são capazes de exercer serviços ambientais em larga escala (PAIVA; GONÇALVES, 2002; ADLER; TANNER, 2015).

A diversidade da cobertura vegetal urbana costuma ser elevada quando se considera os tipos de vegetação existentes, o tamanho das manchas (BARGOS; MATIAS, 2011; PAULEIT; BREUSTE, 2011; LIU *et al.*, 2015), sua distribuição e a dinâmica espacial (JIM, 1989; LUCHIARI, 2001; LUZ; RODRIGUES, 2014; QUEIROZ; EURICH; CARVALHO, 2015; JARDIM; UMBELINO, 2020), bem como sua intensidade (EDUVIRGEM *et al.*, 2020). Soma-se a este fato, a pressão exercida por segmentos da sociedade que buscam incessantemente por espaços para a expansão das edificações sobre o que é considerado por muitos como “espaços livres”. Desta maneira, conhecer as características da vegetação urbana em seus diferentes aspectos é fundamental para avaliar, organizar e ampliar a oferta de serviços ambientais, contribuindo fortemente para o bem-estar e a qualidade de vida da população urbana.

Identificar e mapear a cobertura vegetal urbana é tarefa que demanda o uso de imagens de satélite de alta resolução espacial. A oferta de imagens de satélite para a análise da superfície terrestre é bastante diversificada. Muitas delas, entretanto, exigem tratamentos preliminares complexos para assegurar um diagnóstico adequado. As imagens de satélite acessadas através do software Google Earth, por sua vez, têm se mostrado viáveis para a análise espacial da cobertura vegetal urbana por sua alta resolução espacial e a gratuidade de acesso. Sua aplicação em mapeamentos tem se mostrado eficaz, seja através da interpretação visual, seja por classificação digital (LOPES; NOGUEIRA, 2011; GHORBANI; PAKRAVAN, 2013; SANTOS; NUCCI, 2019), com destaque para a vegetação urbana (DUHL; GUENTHER; HELMIG, 2012; TAYLOR; LOVELL, 2012). A classificação digital supervisionada, na qual as amostras são definidas pelo usuário, tem sido mais utilizada para mapeamento da vegetação (SILVEIRA *et al.*, 2020).

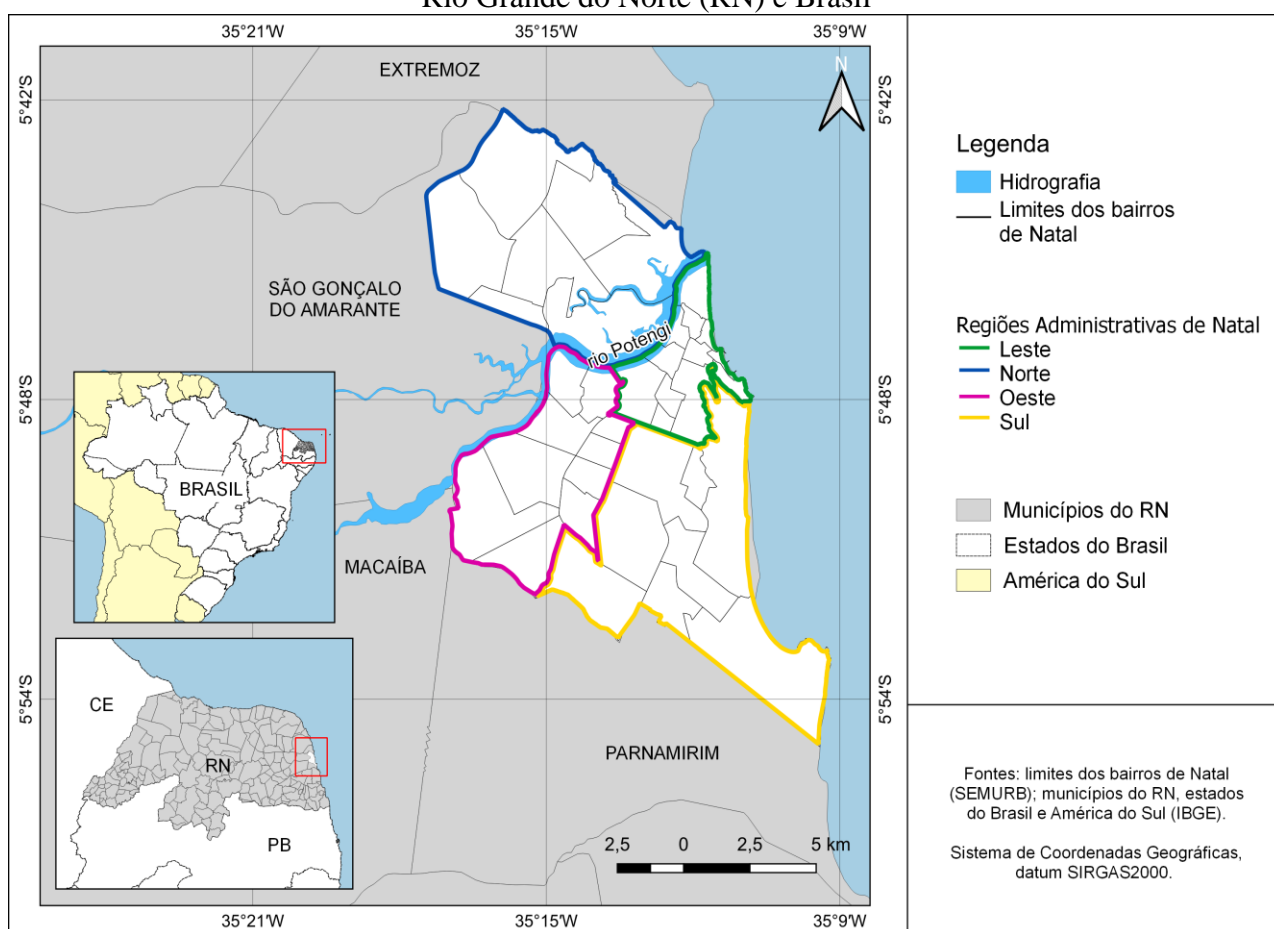
Em Natal, capital do Rio Grande do Norte, como nas demais cidades, também se observa a fragmentação e a diversidade da cobertura vegetal, com os maiores fragmentos ocorrendo nas dez Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs), que são unidades de conservação (UCs) municipais, previstas em seu Plano Diretor (NATAL, 2007). As ZPAs envolvem, além de fragmentos de vegetação natural com áreas relativamente grandes, porções do município densamente urbanizadas (NATAL, 2008). Sucupira (2013), classificando imagens NDVI de cenas com resolução espacial de 0,5 m obtidas pelo satélite WorldView-2, encontrou 6.810 ha de cobertura vegetal para a cidade, obtendo também a cobertura vegetal para cada um dos 36 bairros que compõem o município. O autor, entretanto, não realiza uma análise da distribuição espacial mais detalhada dessa cobertura vegetal, nem apresenta a proporção de cobertura vegetal presente nas ZPAs.

Este trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal no município de Natal/RN e a importância das Zonas de Proteção Ambiental nesse contexto.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi considerada como cobertura vegetal urbana a superfície da terra, de qualquer extensão, ocupada pela vegetação, esta entendida como o conjunto de plantas, de árvores a ervas, naturais ou plantadas que ocorre na cidade, em espaços públicos ou privados. A base para o mapeamento da cobertura vegetal de todo o município de Natal (**Figura 1**) foi um mosaico de imagens de satélite dos anos 2012 e 2013, com resolução submétrica (a depender da imagem por se tratar de um mosaico), disponibilizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo do município de Natal (SEMURB) em arquivo do tipo TIF, construído a partir de imagens obtidas no software Google Earth PRO®, conforme metodologia exposta em Sucupira *et al.* (2014). A utilização desse mosaico se justifica pela alta resolução espacial, o que permitiu identificar áreas pequenas de cobertura vegetal, a exemplo de árvores isoladas e pequenos canteiros e jardins.

**Figura 1:** Localização dos bairros e regiões administrativas do município de Natal em relação ao Rio Grande do Norte (RN) e Brasil



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2021).

O mosaico foi recortado com base em arquivo vetorial (shapefile) dos limites dos bairros de Natal (36 polígonos) e do polígono correspondente à Unidade de Conservação Parque Estadual Dunas do Natal. Este shapefile foi obtido a partir de uma base de dados (arquivo Geodatabase) dos bairros de Natal/RN (SEMURB, 2015). O recorte foi feito no software QGIS 2.12, gerando trinta e sete arquivos de imagens. Os arquivos foram importados para software ArcGIS® 10.3 e feita a reprojeção de cada um para a projeção UTM, Zona 25 Sul e Datum SIRGAS 2000. As etapas posteriores foram realizadas no ArcGIS® 10.3.

Após a reprojeção, partiu-se para a segmentação e classificação das imagens para identificação da cobertura vegetal. A segmentação foi utilizada para criar regiões (segmentos) formadas por pixels homogêneos (WOODCOCK; HARWARD, 1992) que foram utilizadas como amostras durante a etapa posterior de classificação. A classificação escolhida foi a supervisionada, utilizando o método da máxima verossimilhança (MAXVER), que é considerado eficiente para a identificação da cobertura vegetal (SILVEIRA *et al.*, 2020). A classificação foi apoiada em uma amostra de aproximadamente 40 polígonos (segmentos) das duas classes estabelecidas, cobertura vegetal e outros, para cada bairro. A classe “Outros” envolveu os demais tipos de cobertura da terra que não a cobertura vegetal: dunas, água, áreas construídas, estradas, sombra e solo exposto. Foram realizados testes de aumento da quantidade de classes e distinção do porte das plantas, porém observou-se que quanto maior o detalhamento, maiores eram a dificuldade e a confusão na classificação.

O arquivo raster, criado para cada bairro, a partir da classificação, foi reclassificado para extrair apenas o objeto de interesse, cobertura vegetal, e foi transformado em arquivo vetorial para ser calculada a área de cada polígono. Foram considerados como cobertura vegetal apenas os polígonos acima de 10 m<sup>2</sup> (equivalente à 10 pixels das imagens Google Earth, se considerar o valor máximo de 1 metro de tamanho do pixel), pois verificou-se que apesar dos polígonos menores que 10 m<sup>2</sup> corresponderem a 96,5% do número total de fragmentos, a área deles constituía uma pequena proporção (3,5%) da área total de cobertura vegetal. Além disso, é muito trabalhosa, e com pouca influência no resultado final, a avaliação da consistência da classificação desses pequenos fragmentos.

A acurácia do mapa de cobertura vegetal foi avaliada através dos coeficientes Kappa (COHEN, 1960) e Exatidão Global, bem como dos coeficientes de concordância individuais: acertos do usuário, acertos do produtor, erros de inclusão e erros de omissão, obtidos a partir de matriz de confusão (CONGALTON, 1991; OLOFSSON *et al.*, 2014).

A construção da matriz de confusão foi elaborada considerando uma amostra de 385 pontos distribuídos aleatoriamente e de maneira estratificada entre os bairros de Natal, resguardando as proporções em função da área dos bairros. O tamanho mínimo da amostra foi calculado com base em fórmula disponível em Lauris (s.d.) e a população, necessária para o cálculo da amostra, foi obtida pela divisão da área total dos bairros pelo tamanho mínimo de área de cobertura vegetal considerado (10 m<sup>2</sup>). O nível de confiança adotado foi de 95%, admitindo-se um erro amostral de 5%. Apesar do tamanho mínimo obtido da amostra ser de 385 pontos, foi gerada uma quantidade maior de pontos, permitindo excluir pontos confusos, como aqueles que caíssem no limite do fragmento, sem prejudicar a amostra mínima. Esses pontos amostrais foram convertidos em polígonos circulares de 10 m<sup>2</sup> no formato shapefile e em sua tabela de atributos foi criada uma coluna de nome Mapeado, preenchida com a classe cobertura vegetal para todos os polígonos assim classificados e uma outra coluna de nome Referência, para ser preenchida com a cobertura do solo identificada na checagem dividida entre cobertura vegetal ou outros (outros tipos de cobertura). A identificação das classes, para cada polígono, foi feita manualmente mediante a interpretação visual, tendo como referência o mosaico de imagens Google Earth (2012/2013) da SEMURB, o mosaico de fotografias aéreas ortorretificadas de 2006 do projeto PRODETUR, na escala 1:4.000, e o Google Street View®, fundamental para visualização das áreas em nível de solo (SANTOS, NUCCI, 2019), e, quando necessário, foi realizada checagem de campo.

Avaliada a consistência do mapeamento, os dados obtidos foram organizados em uma planilha eletrônica contendo a área individual de cada polígono, a soma das áreas e a quantidade de polígonos de cobertura vegetal por bairro. As áreas e a população dos bairros e das Regiões Administrativas em 2013, ano das imagens do mosaico, foram obtidos em Natal (2014). As áreas das Zonas de Proteção Permanente (ZPAs) foram obtidas no shapefile das ZPAs, disponibilizado pela SEMURB. Cabe ressaltar que a ZPA 2 se localiza na área da Unidade de Conservação Parque

Estadual Dunas do Natal, tendo uma pequena diferença de área entre os dois polígonos. O layout final dos mapas foi feito no QGIS 2.18, considerando os dados produzidos e dados secundários coletados.

A partir do banco de dados foram calculados o Índice de Cobertura Vegetal (ICV), correspondendo à razão entre a área da cobertura vegetal de uma unidade territorial e sua área total, multiplicada por 100 ( $ICV = \text{percentual da cobertura vegetal da unidade territorial}$ ), e o Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH), que é a razão entre a área da cobertura vegetal de uma unidade territorial e a quantidade de habitantes da unidade territorial (bairro, região administrativa ou município), adaptados de Melazo e Nishiyama (2010). Por fim foram comparados os dados obtidos neste trabalho com aqueles existentes na literatura.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Acurácia do Mapeamento

O exame da amostra de 385 polígonos selecionados para a determinação da acurácia do mapeamento, revelou que a Precisão do Produtor foi de 78,4% para a classe cobertura vegetal e de 99,2% para a classe outros (**Tabela 1**). A Precisão do Usuário foi de 98% para o reconhecimento da classe cobertura vegetal e de 90,5% para a classe outros. Os erros de omissão quanto à classe cobertura vegetal ocorreram na identificação de cobertura vegetal de porte herbáceo, que apresentaram uma coloração mais acinzentada em alguns espaços da imagem original.

Os valores dos coeficientes Exatidão Global e Kappa foram, respectivamente, 0,92 e 0,82. Segundo a classificação proposta por Landis e Koch (1977), o coeficiente Kappa 0,82 obtido no mapeamento é considerado como “Quase Perfeito”, pois essa classe varia entre 0,81 e 1. A análise da acurácia indicou, portanto, que o mapeamento da distribuição da cobertura vegetal, elaborado para a cidade de Natal, pode ser considerado de muita boa qualidade.

A boa acurácia do mapeamento indica que a estratégia utilizada para a identificação e mapeamento da cobertura vegetal da cidade, utilizando imagens do Google Earth, a segmentação e a classificação supervisionada, foi adequada e satisfatória, possibilitando a identificação e o mapeamento de pequenas manchas de cobertura vegetal distribuídas em passeios públicos, canteiros centrais e áreas privadas. A cobertura vegetal presente nesses espaços tem uma participação significativa na arborização das cidades, conforme destacam Meneguetti (2003) e Alvarez e Gallo (2012).

**Tabela 1:** Matriz de confusão e coeficientes individuais do mapa de cobertura vegetal de Natal

Classificação	Referência			Precisão do usuário (%)	Erro de inclusão (%)
	Cobertura vegetal	Outros	Total		
Cobertura vegetal	98	2	100	98,0	2,0
Outros	27	258	285	90,5	9,5
Total	125	260	385		
<b>Precisão do produtor (%)</b>	78,4	99,2		<b>Exatidão Global</b>	<b>0,92</b>
<b>Erro de omissão (%)</b>	21,6	0,8		<b>Kappa</b>	<b>0,82</b>

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).



### 3.2. Quantificação e Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal

O mapeamento indicou que o município de Natal possui 4.626 ha de cobertura vegetal. É importante destacar aqui que Natal, de acordo com seu Plano Diretor (NATAL, 2007), não possui área rural, embora não seja totalmente urbanizada. Uma vez que a área do município corresponde a 16.853 ha (NATAL, 2014), seu Índice de Cobertura Vegetal (ICV) em 2013, ano de tomada das imagens de satélite, era de 27,5%. Esse índice, muito provavelmente, pouco mudou desde então, visto que não ocorreram alterações significativas no processo de urbanização e expansão das áreas construídas no município.

A comparação destes resultados com aqueles apresentados por outras cidades brasileiras indica que Natal se encontra em uma posição intermediária quanto à cobertura vegetal relativa (percentual de cobertura vegetal). Para 2013 é maior, por exemplo, que a encontrada em Maringá-PR (ICV de 14%, em 2008), Vitória-ES (ICV de 10%, em 2007), Ponta Grossa-PR (ICV de 9%, em 2011) e Mossoró-RN (ICV de 7%, em 2010), porém, menor que a encontrada em Santa Maria-RS (ICV de 68%, em 2011), Diamantina-MG (ICV de 65%, em 2016), Belém-PA (ICV de 37%, em 2006) e Salvador-BA (ICV de 28%, em 2010), cujos valores são apresentados, respectivamente, por Sampaio *et al.* (2012), Souza *et al.*, (2013), Queiroz e Ribeiro (2013), Arruda *et al.* (2013), Alves e Figueiró (2014), Jardim e Umbelino (2020), Luz e Rodrigues (2014) e Oliveira *et al.* (2013).

Naquele ano de 2013, a população estimada do município era de 853.928 habitantes (NATAL, 2014), conduzindo a um Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH) de 54,2 m<sup>2</sup>/hab. Supondo-se que a cobertura vegetal não sofreu alterações significativas em seus quantitativos desde 2013 e considerando-se a população estimada de Natal em 2020 como sendo de 884.122 pessoas (IBGE, 2020), seu ICVH para este ano será de 52,3 m<sup>2</sup>/hab.

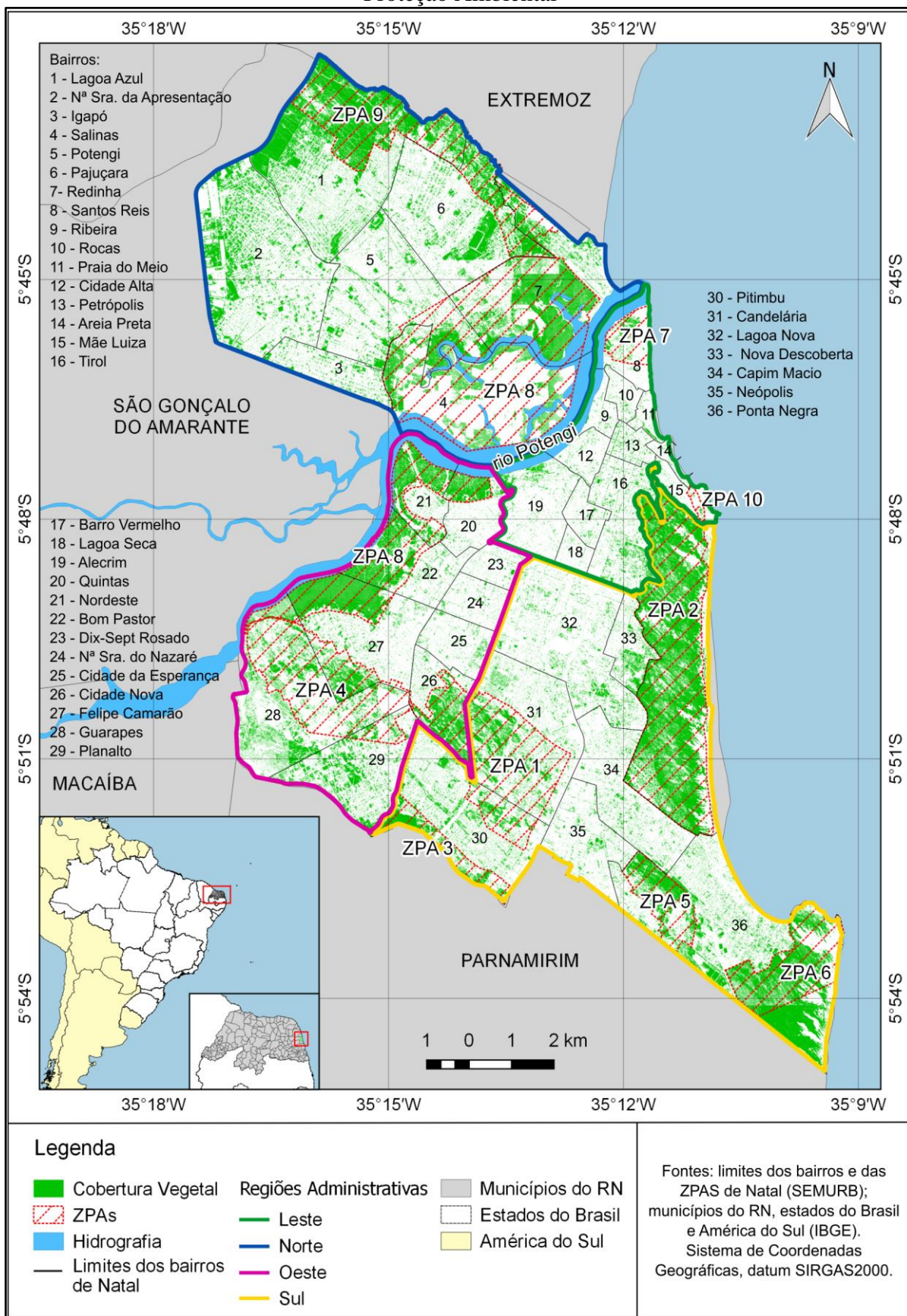
Quanto ao ICVH, Natal encontra-se entre as cidades brasileiras consideradas com elevada cobertura vegetal, como Maringá-PR, cujo ICVH é de 54 m<sup>2</sup>/hab. (2008), de acordo com Sampaio *et al.* (2012), e Salvador-BA, que apresenta ICVH de 32 m<sup>2</sup>/hab. (2010) de acordo com Oliveira *et al.* (2013).

Cabe destacar que no presente estudo foi considerada a cobertura de toda a vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, diferentemente do que é considerado por alguns dos estudos anteriormente citados. A comparação entre os dados, portanto, deve ser feita com cautela, tendo em vista que metodologias diferentes podem gerar resultados distintos, e no presente estudo, a cobertura vegetal pode ter sido superestimada devido à inclusão de todos os portes de plantas. A mesma observação cabe para outra avaliação da cobertura vegetal de Natal, realizada por Sucupira *et al.* (2014). Esses autores, conforme já citado anteriormente, encontraram para Natal 6.810 ha de cobertura vegetal, um valor 47% superior aos apresentados neste estudo, e que corresponderia a um ICV de 40,4%, um valor provavelmente muito acima da realidade local.

A distribuição da cobertura vegetal apresenta-se muito fragmentada, sobretudo nas áreas centrais da cidade, possuindo áreas maiores e contíguas dentro das Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs), em áreas periféricas da cidade e ao longo do rio Potengi (**Figura 2**).

A contribuição das ZPAs para a manutenção da cobertura vegetal da cidade pode ser constatada ao se verificar que aproximadamente 63% da cobertura vegetal do município está distribuída nas dez ZPAs (**Tabela 2**), apesar do somatório das áreas das ZPAs (com e sem vegetação – 6.223,7 ha) corresponder a 37% da área do município de Natal (16.853 ha.). É importante destacar o papel dos parques e unidades de conservação na salvaguarda de amplas extensões de área verde para as cidades e suas populações, como no caso do Brasil, onde são encontrados em quase todas as capitais e grandes cidades. Eduvirgem *et al.* (2020) também encontraram valores elevados de cobertura vegetal, para Campo Mourão/Paraná, em áreas destinadas a preservação ambiental, como fundos de vales, nas bordas de lagos e Unidades de Conservação.

**Figura 2:** Distribuição da cobertura vegetal no município de Natal, destacando as Zonas de Proteção Ambiental



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020).

**Tabela 2:** Área da cobertura vegetal dentro e fora das ZPAs do Natal

Classes	Área das ZPAs	Área da cobertura vegetal		Vegetação natural predominante
		ha	%	
ZPA 1	703,0	245,3	8,5	Restingas arbustiva e arbórea
ZPA 2	1094,0	735,8	25,4	Restingas arbustiva e arbórea
ZPA 3	151,1	83,8	2,9	Restinga arbustiva
ZPA 4	649,4	165,1	5,7	Restinga arbustiva
ZPA 5	191,1	92,4	3,2	Restinga arbustiva
ZPA 6	363,0	203,5	7,0	Restingas arbustiva e arbórea
ZPA 7	108,3	17,5	0,6	Manguezal e Restinga herbácea
ZPA 8	2209,7	878,1	30,3	Manguezal
ZPA 9	739,3	470,6	16,3	Restinga arbustiva
ZPA 10	14,8	1,6	0,1	Restinga arbustiva
Cobertura vegetal em ZPAs	-	2.893,8	62,6	-
Cobertura vegetal fora das ZPAs	-	1.732,3	37,4	-
<b>Total</b>		<b>4.626,0</b>	<b>100,0</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Foram identificados no município 153.891 fragmentos de cobertura vegetal maiores que 10 m<sup>2</sup>. Os fragmentos menores que 100 m<sup>2</sup> são os mais numerosos (83% do total) e os mais bem distribuídos pela cidade, embora representem apenas 8,4% da área total de cobertura vegetal (**Tabela 3**). Os cinco maiores fragmentos, entre 152 ha e 693 ha, estão localizados em ZPAs e respondem por cerca de um terço da cobertura vegetal do município. Em seu estudo sobre a configuração espacial da cobertura vegetal arbórea da cidade de Hong Kong, Jim (1989) verificou um predomínio de configurações que remetem às áreas fragmentadas, sendo elas do tipo isolada, correspondendo às árvores isoladas em construções e estradas, e linear, que são árvores alinhadas em uma direção predominante. A fragmentação também foi apontada por Melazo e Nishiyama (2010) ao caracterizarem a cobertura vegetal de bairros da cidade de Uberlândia/MG, evidenciando que ela, de maneira geral, apresentava-se mal distribuída e desconexa.

O maior fragmento de vegetação do município, com 693 ha, ocorre na ZPA 2, cuja área total é de 1.094 ha. Embora a quase totalidade da ZPA 2 apresente cobertura vegetal, algumas áreas de restinga herbácea dessa Unidade de Conservação não foram classificadas como cobertura vegetal pelo método utilizado (classificadas como “Outros” pela confusão com solo exposto), resultando em uma fragmentação interna para efeitos de mapeamento, que na realidade não deve ser interpretada como uma degradação da cobertura vegetal natural. Nessa UC, a maior parte do que não foi identificado como cobertura vegetal é superfície arenosa exposta de dunas de campos de areia. Situação semelhante foi observada também na ZPA 6 com 363,0 ha de área, que é a ZPA do Morro do Careca e de dunas associadas.

**Tabela 3:** Número e área dos fragmentos de cobertura vegetal do município de Natal, segundo as classes de área

Classe de área da cobertura vegetal	Fragmentos			
	Nº	%	Área (ha)	%
Entre 10 m <sup>2</sup> e 100 m <sup>2</sup>	127.860	83,1	388,3	8,4
Entre 100 m <sup>2</sup> e 10.000 m <sup>2</sup>	25.778	16,8	1.188,5	25,7
Entre 1 ha e 10 ha	221	0,1	579,8	12,5
Entre 10 ha e 100 ha	27	0,02	974,0	21,1
Entre 100 ha e 1.000 ha	5	0,003	1.495,3	32,3
Total	153.891	100,0	4.626,0	100,0

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Foi observada uma distribuição diferenciada da cobertura vegetal e de seus índices conforme as Regiões Administrativas do município (**Tabela 4**). Os maiores ICV, 30,3% e 30%, e ICVH, 77,4 m<sup>2</sup>/hab e 59,7 m<sup>2</sup>/hab, ocorrem nas Regiões Sul e Norte, respectivamente, e os menores na Região



Leste, 9,9% e 13,9 m<sup>2</sup>/hab. A Região Leste de Natal envolve o núcleo central em que a cidade surgiu e onde se manteve circunscrita até meados do século XIX (COSTA, 2000) é também a região mais densamente povoada entre as quatro e suas áreas cobertas por vegetação apresentam dimensões reduzidas, conforme pode ser visualizado na Figura 2. Os maiores valores de cobertura vegetal observados na Região Sul de Natal estão associados sobretudo às ZPA 2 (Parque das Dunas de Natal) e ZPA 6 (Morro do Careca), que com seus 735,8 ha e 203,5 ha, respectivamente, agregam porção destacada de verde a essa região. Na Região Norte localizam-se duas grandes ZPAs, ZPA 8 (manguezais do estuário do Potengi/Jundiá) e ZPA 9 (lagoas e dunas ao longo do Rio Doce), que possuem 878,1 ha e 470,6 ha respectivamente de cobertura vegetal.

**Tabela 4:** Atributos relativos à cobertura vegetal e respectivos valores para o município de Natal, segundo suas regiões administrativas, onde ICV = Índice de Cobertura Vegetal e ICVH = Índice de Cobertura Vegetal por habitante

Regiões administrativas de Natal	cobertura vegetal (ha)	cobertura vegetal (%)	Área das regiões* (ha)	ICV (%)	População** (hab)	ICVH (m <sup>2</sup> /hab)
Norte	1.458,1	31,5	4.863,1	30,0	244.262	59,7
Sul	2.059,1	44,5	6.799,0	30,3	266.094	77,4
Leste	159,4	3,5	1.614,7	9,9	114.898	13,9
Oeste	949,4	20,5	3.575,7	26,6	228.674	41,5
Total	4626,0	100,0	16.852,5	27,5	853.928	54,2

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020). \* baseado em arquivo *shapefile* da SEMURB. \*\* baseado em Natal (2014).

A ZPA 2 localizada no polígono referente ao Parque das Dunas foi considerada como um bairro da Região Sul para fins de cálculo, mas ela possui apenas 4 habitantes (NATAL, 2014), pois abriga uma unidade de conservação ambiental. Essa ausência de população contribuiu para o alto valor de ICVH da Região Sul (77,4 m<sup>2</sup>/hab). Se a ZPA 2 não fosse considerada como bairro da Região Administrativa Sul, a região teria um ICVH de 49,4 m<sup>2</sup>/hab e um ICV de 23,5%.

A diversidade de valores dos atributos de cobertura vegetal observada nas regiões administrativas de Natal também ocorre nos bairros, porém de uma maneira mais acentuada, como pode ser observado na **Tabela 5 e Figuras 3 e 4**. Na análise da cobertura vegetal por bairro, a ZPA 2 foi considerada como uma unidade equivalente a bairro, pois administrativamente ela não faz parte de nenhum bairro de Natal. Existem bairros com cobertura vegetal bastante baixa, tanto em termos absolutos quanto relativos, como os bairros Areia Preta e Lagoa Seca, que são bairros antigos, pequenos e carentes de praças e arborização de rua. Outros bairros, como Lagoa Azul e Ponta Negra apresentam valores relativamente altos em termos de cobertura vegetal. No bairro Ponta Negra, a ZPA 5 (Ecossistemas de dunas fixas e lagoas do bairro de Ponta Negra – Região de Lagoinha), a ZPA 6 (Morro do Careca e dunas fixas contínuas) e parte da área do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (Ministério da Aeronáutica) são o destaque em termos de cobertura vegetal, enquanto o bairro Lagoa Azul tem parte significativa de sua área inserida na ZPA 9 (Ecossistema de lagoas e dunas ao longo do rio Doce).

**Tabela 5:** Atributos relativos à cobertura vegetal e respectivos valores para os bairros do município de Natal, onde ICV = Índice de Cobertura Vegetal e ICVH = Índice de Cobertura Vegetal por Habitante

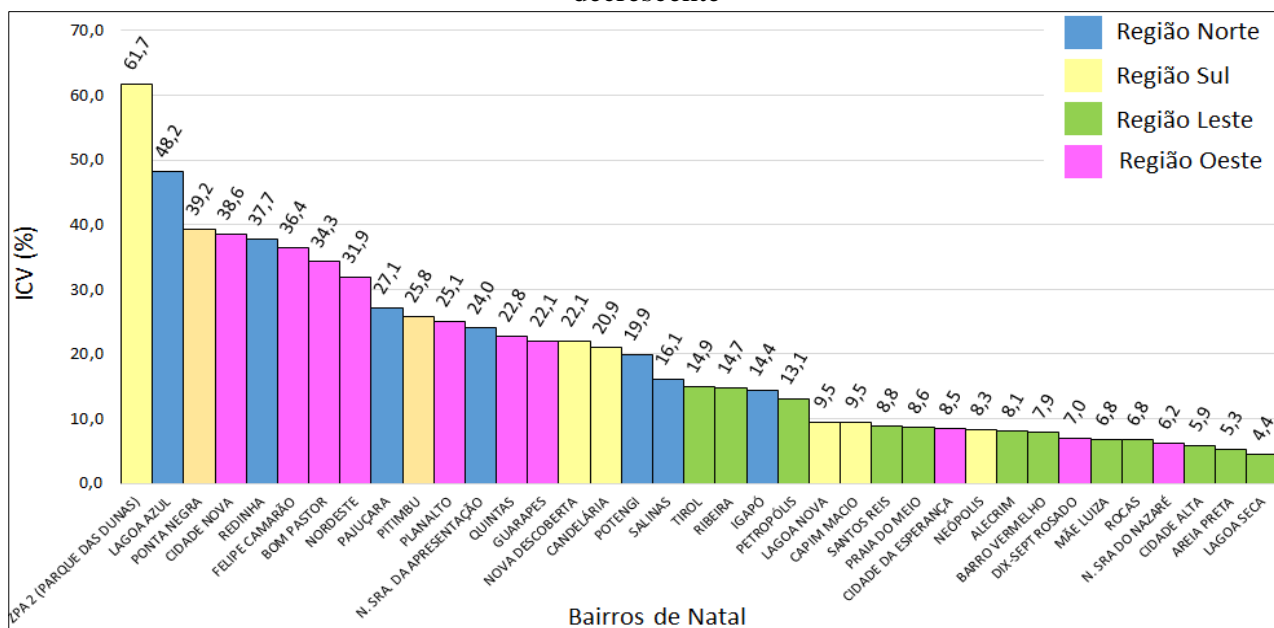
Bairros	Regiões	Área da cobertura vegetal (ha)	Número de fragmentos	Área do bairro* (ha)	População** (hab)	ICV (%)	ICVH (m <sup>2</sup> /hab)
ALECRIM	Leste	27,91	2.944	345	27.011	8,1	10,3
AREIA PRETA	Leste	1,70	294	32	4.578	5,3	3,7
BARRO VERMELHO	Leste	7,46	1.043	95	10.895	7,9	6,8
BOM PASTOR	Oeste	118,64	2.166	346	18.488	34,3	64,2

CANDELÁRIA	Sul	159,43	11.082	761	24.185	20,9	65,9
CAPIM MACIO	Sul	41,25	5.892	433	23.586	9,5	17,5
CIDADE ALTA	Leste	6,88	923	116	7.382	5,9	9,3
CIDADE DA ESPERANÇA	Oeste	15,47	1.860	183	18.743	8,5	8,3
CIDADE NOVA	Oeste	101,11	3.021	262	19.065	38,6	53,0
DIX-SEPT ROSADO	Oeste	7,63	1.059	110	15.569	7,0	4,9
FELIPE CAMARÃO	Oeste	238,40	4.432	654	55.084	36,4	43,3
GUARAPES	Oeste	190,95	11.471	866	11.071	22,1	172,5
IGAPÓ	Norte	31,73	1.948	220	29.865	14,4	10,6
LAGOA AZUL	Norte	562,56	8.662	1.167	66.200	48,2	85,0
LAGOA NOVA	Sul	73,09	8.061	768	38.880	9,5	18,8
LAGOA SECA	Leste	2,72	533	61	5.224	4,4	5,2
MÃE LUIZA	Leste	6,48	911	96	14.486	6,8	4,5
NEÓPOLIS	Sul	26,86	3.624	322	22.791	8,3	11,8
NORDESTE	Oeste	95,10	1.540	298	11.688	31,9	81,4
NOSSA SRA. DA APRESENTAÇÃO	Norte	245,81	8.124	1.025	94.150	24,0	26,1
NOSSA SRA. DO NAZARÉ	Oeste	8,94	1.405	144	16.370	6,2	5,5
NOVA DESCOBERTA	Sul	35,02	1.997	159	12.371	22,1	28,3
PAJUÇARA	Norte	207,49	5.802	766	68.490	27,1	30,3
PARQUE DAS DUNAS	Sul	743,38	5.377	1.204	4	61,7	1.858.452,9
PETROPÓLIS	Leste	10,29	974	78	5.721	13,1	18,0
PITIMBU	Sul	191,94	10.487	745	25.088	25,8	76,5
PLANALTO	Oeste	116,48	4.866	464	36.836	25,1	31,6
PONTA NEGRA	Sul	542,37	13.073	1.382	25.039	39,2	216,6
POTENGI	Norte	158,91	6.946	800	58.687	19,9	27,1
PRAIA DO MEIO	Leste	4,23	390	49	5.152	8,6	8,2
QUINTAS	Oeste	56,67	1.884	249	25.760	22,8	22,0
REDINHA	Norte	331,42	7.710	879	19.631	37,7	168,8
RIBEIRA	Leste	13,92	636	94	2.254	14,7	61,8
ROCAS	Leste	4,46	666	66	10.372	6,8	4,3
SALINAS	Norte	166,03	6.258	1.031	1.389	16,1	1195,3
SANTOS REIS	Leste	19,57	1.511	222	5.089	8,8	38,4
TIROL	Leste	53,74	4.319	360	16.734	14,9	32,1
<b>TOTAL</b>		<b>4.626,0</b>	<b>153.891</b>	<b>16.852</b>	<b>853.928</b>	<b>27,5</b>	<b>54,2</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020). \* Baseado em arquivo *shapefile* da SEMURB. \*\* Baseado em Natal (2014).

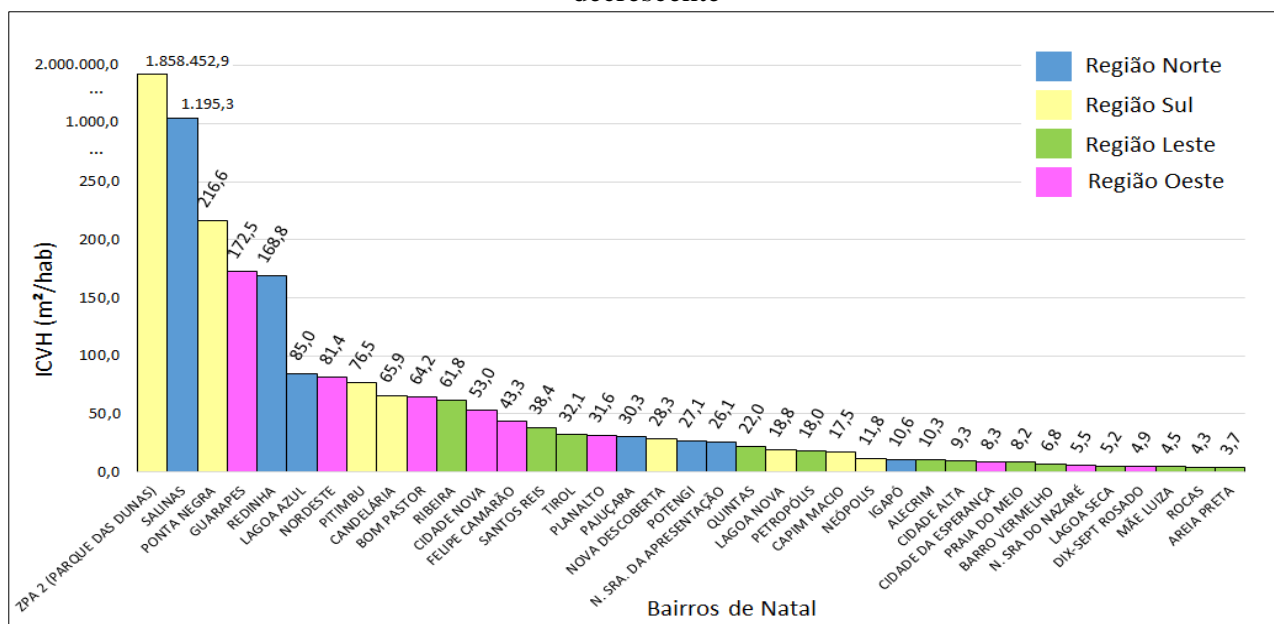
Com base na observação dos ICVs dos bairros (**Figura 3**) constata-se que seis bairros apresentam mais de um terço de sua superfície coberta por vegetação (ICV > 33,3%). Todos eles envolvem ZPAs em seu interior. Por outro lado, 15 bairros têm menos que 10% de sua área coberta por vegetação, espacializados na **Figura 5**). De maneira geral, os bairros com menor ICV estão localizados na zona central da cidade (Região administrativa Leste), enquanto aqueles com maior ICV estão localizados mais na periferia e/ou envolvem vegetação protegida pela legislação como os mangues e as restingas. Deve ser destacado aqui que, em função das limitações impostas pela legislação à ocupação de espaços naturais, visto que Natal se instalou sobre extensos campos de dunas, na borda de manguezais e sobrepondo-se às áreas do bioma Mata Atlântica, a urbanização tem se expandido para os municípios vizinhos, como Parnamirim, Macaíba, São Gonçalo do Amarante e Extremoz (COSTA, 2016).

**Figura 3:** Índice de Cobertura Vegetal (ICV) dos bairros do município de Natal em ordem decrescente



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

**Figura 4:** Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH) dos bairros de Natal em ordem decrescente

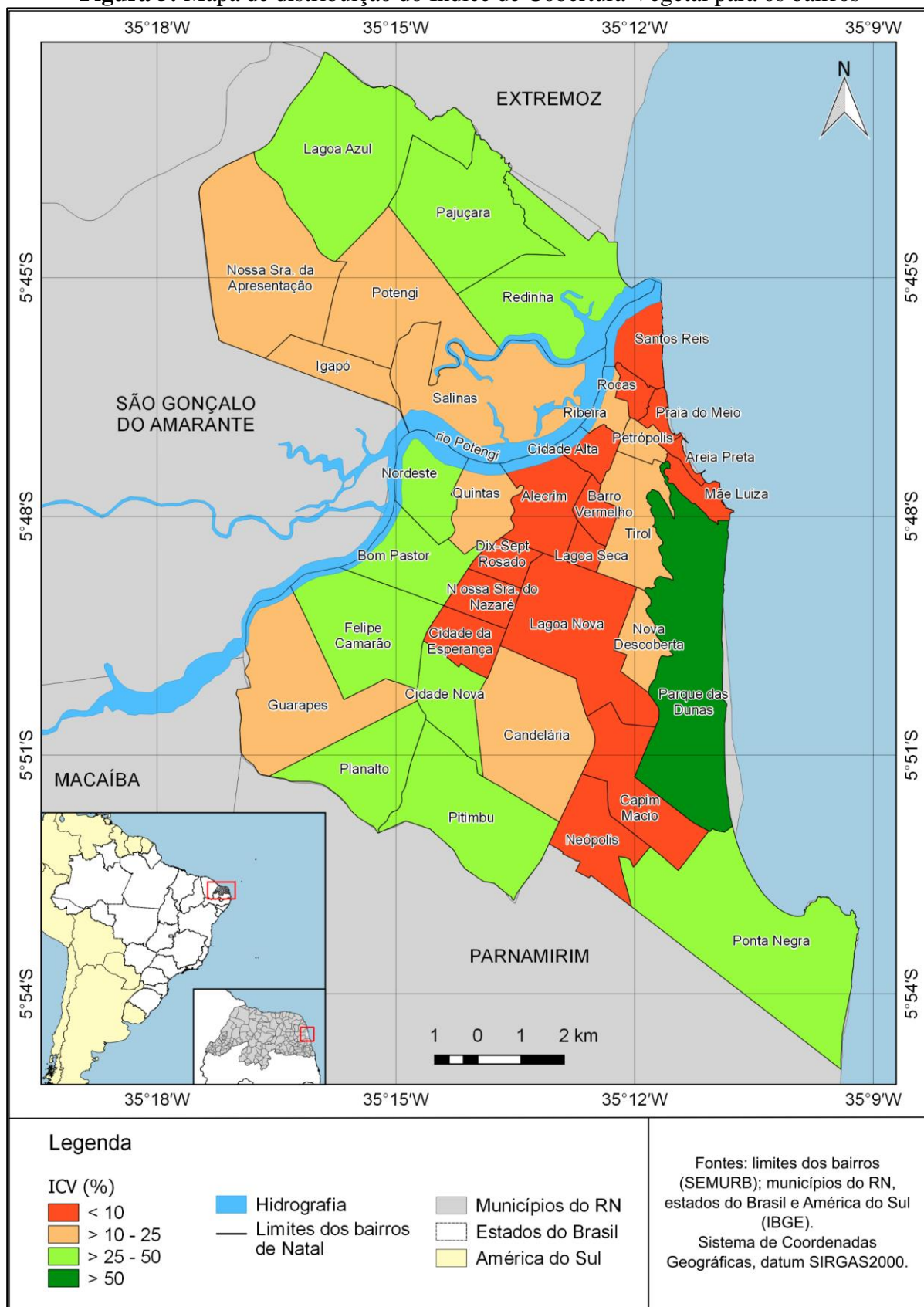


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Através da análise dos valores de ICVH verifica-se que, também sob este aspecto, é grande a heterogeneidade entre os bairros de Natal (Figura 4). Quatro bairros apresentam ICVH superior a 150 m²/hab, enquanto outros 10 bairros não alcançam 10 m²/hab. Existem bairros como Salinas, onde o ICVH atinge 1195,3 m²/hab. Tal fato é devido à relativamente pequena população que abriga e por estar coberto em grande parte por manguezal, um ambiente legalmente protegido e naturalmente inóspito para a ocupação humana. O segundo bairro com maior ICVH é Ponta Negra, 216,6 m²/hab, que abriga as ZPAs 5 e 6. O bairro com menor ICVH é Areia Preta, com 3,7 m²/hab, um bairro pequeno e que experimentou uma expansão urbana e uma verticalização vertiginosa no início dos anos 2000. A maior parte dos bairros com ICVH abaixo de 10 m²/hab está localizada na Região Leste

da cidade (**Figura 6**), reforçando observações feitas anteriormente em relação à longa e intensa ocupação urbana nesses bairros.

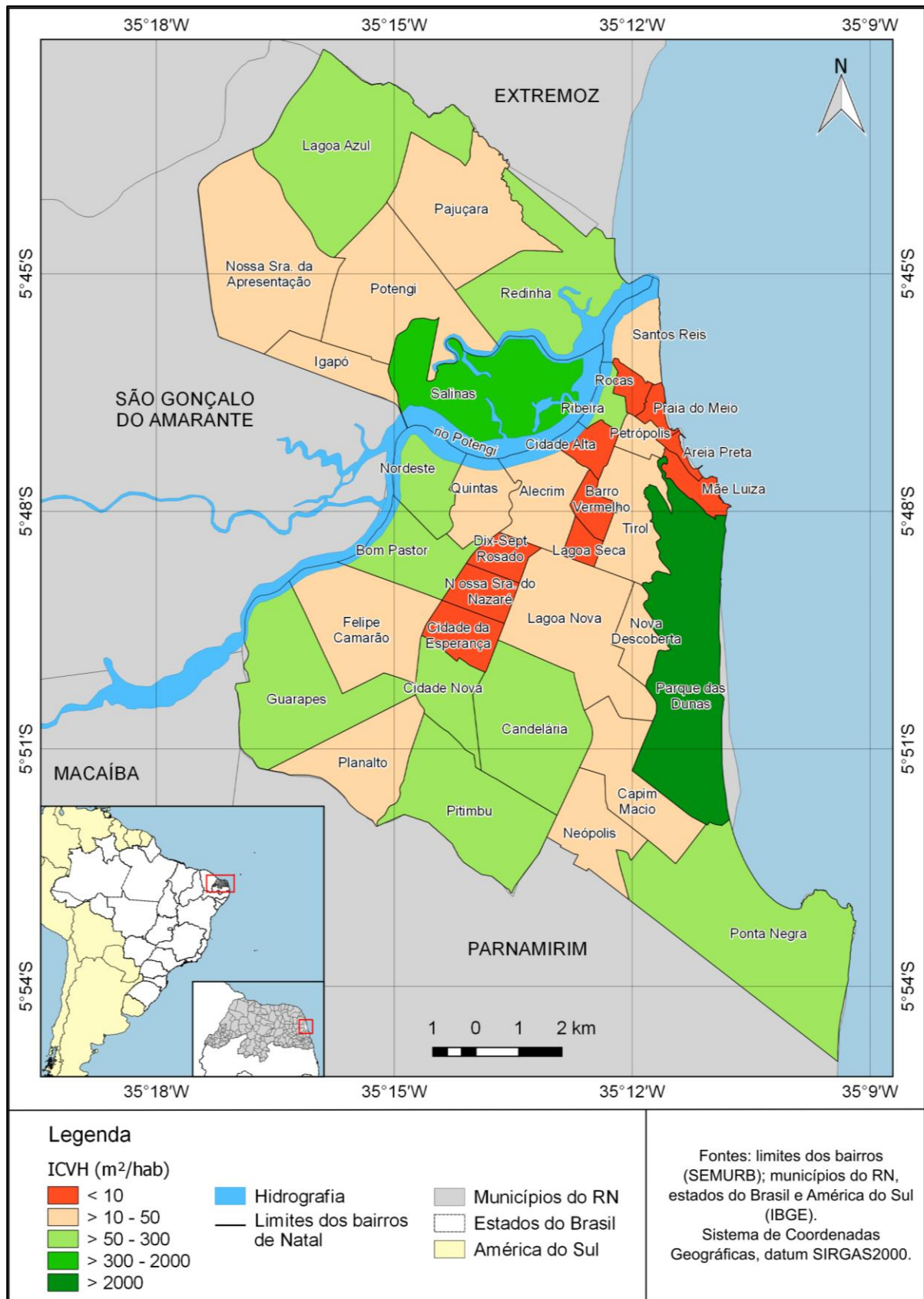
**Figura 5:** Mapa de distribuição do Índice de Cobertura Vegetal para os bairros



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).



**Figura 6:** Mapa do Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH) para os bairros e Parque das Dunas do Natal



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020).

Observa-se que todos os bairros com ICV maior que 25% e ICVH maior que 50 m<sup>2</sup>/hab possuem ZPAs em seu interior (**Figura 2**) e estão localizados na periferia da cidade (**Figuras 5 e 6**), com exceção do bairro Ribeira que não possui ZPA.

Considerando os dados expostos, entende-se que Natal apresenta uma distribuição heterogênea de cobertura vegetal, mais rarefeita no centro (Região Administrativa Leste) e mais concentrada nas áreas periféricas (Regiões administrativas Norte, Sul e Oeste). O padrão de distribuição espacial da cobertura vegetal do município de Natal, observado neste estudo, confirma os resultados encontrados por Sucupira (2013) e foram confirmados por Silveira et. al. (2020). Padrão semelhante foi encontrado para outras cidades brasileiras, por exemplo Campinas-SP (LUCHIARI, 2001), Salvador-BA (OLIVEIRA *et al.*, 2013), Vitória-ES (SOUZA *et al.*, 2013), Ponta Grossa-PR (QUEIROZ; RIBEIRO, 2013) e Mossoró-RN (SILVA, 2015). Para estas cidades, os autores destacaram a relação entre a distribuição da cobertura vegetal e o processo de expansão urbana, de modo que a cobertura vegetal se mostrou mais concentrada nas áreas periféricas e em áreas de preservação ambiental, e mais fragmentada e isolada nas áreas centrais e mais antigas da cidade.

#### 4. CONCLUSÃO

A metodologia empregada neste estudo, utilizando segmentação e classificação supervisionada em imagens com elevada resolução espacial (Google Earth, pixel submétrico), mostrou-se adequada (Índice de Exatidão Global e Coeficiente Kappa elevados) para o mapeamento detalhado da cobertura vegetal urbana no município de Natal.

Em relação à organização espacial da cobertura vegetal do município de Natal, constatou-se que os bairros com maiores coberturas possuem unidades de conservação, no caso Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs), em seu interior e se localizam nas áreas periféricas da cidade. Em contraponto, boa parte dos bairros mais antigos possui baixos índices de cobertura vegetal. É possível afirmar ainda que Natal apresenta uma cobertura vegetal significativa em comparação com outras cidades, porém mal distribuída sobre o território, situação também observada em outras cidades brasileiras. Isto exige atenção no planejamento, uma vez que uma cobertura vegetal bem distribuída pode proporcionar serviços ambientais mais compartilhados com toda a população urbana.

Os resultados também evidenciam a importância que as Zonas de Proteção Ambiental apresentam para a manutenção da cobertura vegetal local, pois abrigam mais da metade da cobertura vegetal de Natal. Aqui é destacada a atenção do planejador, no sentido de garantir possibilidades de conexão entre os fragmentos, aumentando o potencial ecológico bastante diminuído pela fragmentação, e elevando a permeabilidade da cidade à fauna e à flora silvestres.

Os resultados apontam ainda para possíveis novos estudos, tanto em relação às técnicas de mapeamento, como em relação aos modelos de distribuição espacial da vegetação urbana. É necessário aperfeiçoar os procedimentos técnicos visando detalhar os tipos de cobertura vegetal, se arbórea ou herbácea, por exemplo. E do ponto de vista teórico, aprimorar os modelos de distribuição da cobertura vegetal urbana de maneira a subsidiar o planejamento e garantir a existência de cobertura vegetal e de seus serviços para toda a população, indistintamente.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao financiamento do projeto CAPES/PGPSE Proc. 88881.195790/2018-01 - Sistemas ambientais costeiros e ocupação econômica do Nordeste, à CAPES pelo financiamento das bolsas de pesquisa de mestrado e ao CNPq pela bolsa de pesquisa PCI.

## REFERÊNCIAS

ADLER, F. R., TANNER, C. J. **Ecossistemas Urbanos: princípios ecológicos para o ambiente construído**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ALVAREZ, I. A.; GALLO, B. C. **Quantificação da arborização urbana viária de Campinas**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas, 2012. Disponível em: [ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82260/1/029-12.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82260/1/029-12.pdf). Acesso em: 29 jan. 2022.

ALVES, D. B.; FIGUEIRÓ, A. S. Variação da estrutura horizontal de cobertura vegetal na área urbana de Santa Maria (RS) entre 1980 e 2011. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 35-58, 2014.

ARRUDA, L. E. V.; SILVEIRA, P. R. S.; VALE, H. S. M.; SILVA, P. C. M. Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 2, p. 13-17, abr./jun. 2013.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p.172-188, 2011.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 293-301, mai. 1999.

COHEN, J. A. Coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 37-46, apr. 1960.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, [S.L.], v. 37, n.1, p. 35-46, jul. 1991.

COSTA, A. A. **A verticalização e as transformações do espaço urbano de Natal-RN**. 2000. 352 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

COSTA, A. A. A reestruturação produtiva e a (re)produção do espaço verticalizado em cidades do Rio Grande do Norte. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 1, p. 112-132, 2016.

DUHL, T. R.; GUENTHER, A.; HELMIG, D. Estimating urban vegetation cover fraction using Google Earth® images. **Journal of Land Use Science**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 311-329, sep. 2012.

EDUVIRGEM, R. V.; VILLWOCK, F. H.; SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V.; CARAMINAN, L. M. Análise da cobertura vegetal do perímetro urbano de Campo Mourão por meio de índices de vegetação. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 305-316, fev. 2020.

GHORBANI, A.; PAKRAVAN, M. Land use mapping using visual vs. digital image interpretation of TM and Google Earth derived imagery in Shrivani-Darasi watershed (Northwest of Iran). **European Journal of Experimental Biology**, London, v. 3. n. 1, p. 576-582, 2013.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 1, n. 1, p. 19-29, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada para Natal/RN em 2020**. 2020. IBGE Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/natal/panorama>. Acesso em: 02 nov. 2020.

JARDIM, J. P.; UMBELINO, G. Mapeamento de áreas verdes e da arborização urbana: estudo de caso de Diamantina, Minas Gerais. **Revista Espinhaço**, Diamantina, v. 9, n. 2, p. 29–39, jul./dez. 2020.

JIM, C. Y. Tree-canopy characteristics and urban development in Hong Kong. **Geographical Review**, New York, v. 79, n. 2, p. 210-225, 1989.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, [S.L.], v. 33, p. 159-174, 1977.

LAURIS, J. R. P. **Cálculo Amostral**. [s.d.]. Disponível em: [http://calculoamostral.bauru.usp.br/calculoamostral/ta\\_ic\\_proporcao.php](http://calculoamostral.bauru.usp.br/calculoamostral/ta_ic_proporcao.php). Acesso em: 29 jan. 2022.

LIU, Y.; WANG, Y.; PENG, J.; DU, Y.; LIU, X.; LI, S.; ZHANG, D. Correlations between Urbanization and Vegetation Degradation across the World's Metropolises Using DMSP/OLS Nighttime Light Data. **Remote Sensing**, Switzerland, v. 7, n. 2, p. 2067-2088, 2015.

LOPES, E. E.; NOGUEIRA, R. E. Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais [...]**, Curitiba, 2011. p. 2308-2315.

LUCHIARI, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de sistema de informação geográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 47-68, 2001.

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E. C. Análise do índice da cobertura vegetal em áreas urbanas: estudo de caso da cidade de Belém-PA. **Boletim Amazônico de Geografia**, Belém, n. 1, v. 1, p. 43-57, 2014.

MELAZO, G. C.; NISHIYAMA, L. Mapeamento da cobertura arbóreo-arbustiva em quatro bairros da cidade de Uberlândia- MG. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 2,

MENEGUETTI, 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**. 2003. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MINAKI, M.; AMORIM, M. C. C. T.; MARTIN, E. S. Ensaio teórico-metodológico sobre áreas verdes aplicado a um estudo de caso: diagnóstico dos referenciais terminológicos e a realidade in loco. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 1, n. 13, p. 107-138, 2006.

MORE. **Mecanismo online para referências, versão 2.0**. Florianópolis: UFSC: Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 27 fev. 2021.

NATAL. **Lei complementar nº 082, de 21 de junho de 2007**. Plano Diretor do Natal, 2007.



NATAL. **Zoneamento Ambiental de Natal**. Natal: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo, 2008. Disponível em: natal.rn.gov.br/storage/app/media/sempla/Zoneamento\_Ambiental.pdf. Acesso em: 29 jan. 2022.

NATAL. **Anuário Natal 2014**. Natal: SEMURB, 2014.

NIEMELÄ, J. (ed.) **Urban ecology: patterns, processes and applications**. New York: University Press. 2011.

OLIVEIRA, A. G.; SILVA, G. B.; SILVA, H. R.F.; SANTOS, M.G.; LIMA, U. D. S. Mapeamento de índices de cobertura vegetal dos bairros de Salvador-BA com uso de imagens do sensor RapidEye para o ano de 2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**, Foz do Iguaçu, 2013. p. 818-825.

OLOFSSON, P.; FOODY, G. M.; HEROLD, M.; STEHMAN, S. V.; WOODCOCK, C. E.; WULDER, M. A. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote Sensing of Environment**, v. 148, n. 1, p. 42-57, 2014.

PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.

PAULEIT, S; BREUSTE, J. H. **Land-use and surface-cover as urban ecological indicators**. In: NIEMELÄ, J. (ed.) **Urban ecology: patterns, processes and applications**. New York: University Press. 2011. p. 19-30.

QUEIROZ, D.; EURICH, Z. R. Z.; CARVALHO, S. M. Espaços livres em Ponta Grossa-PR: mapeamento e quantificação. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 33, número especial, p. 1-12, 2015.

QUEIROZ, D. A. H. O.; RIBEIRO, S. R. A. Análise têmporo-espacial da cobertura vegetal da área urbana de Ponta Grossa-PR (Brasil). In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 13, 2013, Lima. **Anais [...]**, Lima, 2013. p. 1-20.

RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (org.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003.

SAMPAIO, A. C. F.; BLUM, C. T.; GERMANO, P. J. M. M. e T.; DE ANGELIS, B. L. D. Avaliação da cobertura florestal no município de Maringá, Paraná. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 2, p. 89-101, 2012.

SANTOS, G.; NUCCI, J. Índice de Cobertura Vegetal e Índice Visual de Verde: indicadores de qualidade ambiental urbana. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, Curitiba, v. 1, n. 17, p. 229-245, 2019.

SEMURB – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo do Município de Natal. **Geodatabase dos bairros de Natal/RN**. Mensagem recebida via e-mail por: <autor> em: 20 nov. 2015.

SILVEIRA, A. H. M.; SILVA, F. M.; HADAD, R. M.; LIBÓRIO, M. P. Aplicações, preferências e comparações entre métodos de classificação supervisionada: O caso de Natal/RN. **Revista Ra'eGa**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 120-135, jul. 2020.

SILVA, A. A. **Classificação orientada a objeto para mapeamento da cobertura vegetal da zona urbana de Mossoró/RN**. 2015. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2015.

SOUZA, S. M.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; GONÇALVES, W.; MENDONÇA, A. R. Análise dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Vitória – ES. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.8, n.1, p.112-124, mar. 2013.

SUCUPIRA, P. A. P. **Natal: análise da cobertura vegetal através de NDVI**. In. Anuário Natal 2013. Natal: SEMURB, 2013. p. 83-124.

SUCUPIRA, P.; CAMPOS, U. M.; ROCHA, T. D.; PRAXEDES, B. D. A. C. **Utilização do mosaico de imagens do Google Earth PRO como atualização para classificação de uso e ocupação do solo para o município do Natal/RN**. In. PREFEITURA DO NATAL. Anuário Natal 2014. Natal: SEMURB, 2014. p. 59-62.

TAYLOR, J. R.; LOVELL, S. T. Mapping public and private spaces of urban agriculture in Chicago through the analysis of high-resolution aerial images in Google Earth. **Landscape and Urban Planning**, [S.L.], v. 108, n. 1, p. 57-70, out. 2012.

WOODCOCK, C.; HARWARD, V. J. Nested-hierarchical scene models and image segmentation. **International Journal of Remote Sensing**, [S.L.], v. 13, n. 16, p. 3167-3187, ago. 1992.



---

#### Informações sobre a Licença

Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

#### License Information

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which allows for unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, as long as the original work is properly cited.