

COBERTURA VEGETAL E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM CURSOS D'ÁGUA NA ÁREA URBANA DE SÃO BORJA-RS

Anderson Luiz Godinho Belem

Geógrafo, mestre em geografia (UFPR)

Doutorando em geografia (UFPR)

E-mail: andebelem@gmail.com

João Carlos Nucci

Biólogo, doutor em Geografia Física (USP)

Docente no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR (PPGeo)

E-mail: jcnucci@gmail.com

RESUMO

A presença da vegetação na paisagem urbana é uma demanda crescente, uma vez que desempenha funções essenciais que vão desde aspectos ecológicos até de saúde pública. Um importante instrumento legal para a manutenção da vegetação nas cidades brasileiras é o Código Florestal, que estabelece, entre outras coisas, as Áreas de Preservação Permanente (APP). Com o objetivo de mapear e avaliar as APPs na área urbana do município de São Borja-RS, foram identificadas, inicialmente, as classes de cobertura da terra do município por meio da aplicação do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) em imagem de satélite Planet. Posteriormente, foram realizados os recortes das APPs considerando o Código Florestal brasileiro. A aplicação do SAVI obteve acurácia geral de 94%, sendo que foram identificadas quatro classes de cobertura. Uma vez estabelecida a cobertura da terra, considerou-se o que determina o Código Florestal para delimitação de APPs, encontrando em São Borja quatro categorias: canais com menos de 10 metros de largura, nascentes, um reservatório de água e o rio Uruguai. Cruzando os dados de cobertura da terra e das APPs foram identificados 103,7 hectares de APPs, dos quais 88,2 ha estão cobertos por vegetação. As APPs em cursos d'água se destacam, ocupando uma área de 43 hectares nos menores de 10 metros, dos quais 35 ha são cobertos por vegetação. Na APP do rio Uruguai, do total de 46,7 hectares, 42,2 ha são recobertos por vegetação predominantemente arbórea.

PALAVRAS-CHAVE: Vegetação urbana; SAVI; regulação ambiental; APP urbana; Planejamento da Paisagem

VEGETATION COVER AND PERMANENT PRESERVATION AREAS ALONG WATERCOURSES IN THE URBAN AREA OF SÃO BORJA-RS

ABSTRACT

The presence of vegetation in the urban landscape is a growing demand, as it plays essential roles ranging from ecological aspects to public health. An important legal instrument for the preservation of vegetation in Brazilian cities is the Forest Code, which establishes, among other things, the Permanent Preservation Areas (APPs). With the aim of identifying and evaluating the APPs in the urban area of the municipality of São Borja-RS, the land cover classes of the municipality were initially identified through the application of the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) on Planet satellite imagery. Subsequently, the APPs were delineated considering the Brazilian Forest Code. The application of SAVI achieved an overall accuracy of 94%, with four land cover classes being distinguishable. Once the land cover was established, the provisions of the Forest Code for delineating APPs were considered, resulting in four categories in São Borja: water channels less than 10 meters wide, springs, a water reservoir, and the Uruguay River. By cross-referencing land cover and APP

data, 103.7 hectares of APPs were identified, of which 88.2 ha are covered by vegetation. APPs along watercourses stand out, occupying an area of 43 hectares in water channels with less than 10 meters wide, of which 35 ha are covered by vegetation. In the Uruguay River APP, out of the total 46.7 hectares, 42.2 ha are covered by predominantly arboreal vegetation.

KEYWORDS: Urban vegetation; SAVI; Environmental regulation; urban Permanent Preservation Area; Landscape Planning

INTRODUÇÃO

Atualmente o espaço urbano concentra a maior parte da população mundial e a tendência é de que esse processo se intensifique (United Nations, 2018), dessa maneira, o desenvolvimento de propostas capazes de conduzir as cidades para um caminho sustentável ambientalmente é uma demanda urgente (United Nations, 2019).

Nesse sentido, a vegetação na paisagem urbana se torna fundamental, podendo-se ressaltar benefícios diretos da sua presença como no caso da qualidade do ar, do conforto térmico, da atenuação da poluição sonora, do fomento à biodiversidade. Indiretamente a vegetação, ainda, influencia na redução dos impactos de enchentes uma vez que demandam solos permeáveis e reduzem o escoamento superficial, evitam a erosão, dentre outras funções ambientais. Portanto, a vegetação está ligada diretamente à boa qualidade ambiental urbana (Lombardo, 1985; De Groot, 1992; Mascaró, 1996; Nucci, 2008; Casadei; Semmartin; Garbulsky, 2021; Richards; Belcher, 2019; Yang *et al.*, 2023).

Para além dos aspectos físicos, a vegetação está vinculada a questões de saúde pública auxiliando em casos como o de doenças associadas à estresse ou ansiedade (Lee; Maheswaran, 2011; Lecic-Tosevski, 2019), e amenizando a manifestação de doenças respiratórias (Dapper; Spohr; Zanini, 2016; Amato-Lourenço *et al.*, 2016). No aspecto social a vegetação pode ser relacionada à prática de esportes ao ar livre, a espaços de lazer contemplativo e mesmo na educação formal, uma vez que espaços livres de edificações e com presença de vegetação são propícios à educação básica (Cunha *et al.*, 2022; Nucci; Rocha, 2022).

Considerando-se todos esses benefícios é coerente afirmar que a vegetação deve ser priorizada nos planejamentos municipais e regionais, contemplando, inclusive, a manutenção e a criação de áreas verdes e, nesse âmbito, a legislação brasileira prevê uma série de oportunidades.

Uma das principais leis que deve ser utilizada como subsídio à manutenção da vegetação nas cidades é a Lei de Proteção à Vegetação Nativa, 12.651/2012, conhecida como Código Florestal Brasileiro. Dentre outros aspectos, essa legislação estabelece o que seriam as Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme o artigo 3º, Inciso II (Brasil, 2012):

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

No Brasil, as discussões sobre as Áreas de Preservação Permanente (APPs) no espaço urbano foram, por muito tempo, negligenciadas. Isso ocorreu devido ao rápido crescimento urbano, marcado por desigualdades sociais, que resultou em um cenário de ocupação de áreas como encostas com inclinação superior a 45°, locais de nascentes, margens de rios, várzeas, entre outras (Sasson; Brito, 2019; Oliveira, 2020; Spode; Faria, 2021).

Em relação à legislação reguladora, entretanto, Antunes (2015) esclarece que atualmente há consenso jurídico de que a proteção ambiental no espaço urbano possui, ou deve possuir, conforme entendimento do Superior Tribunal Federal, um regime próprio (Antunes, 2015).

Nesse sentido, considerando o Código Florestal (Brasil, 2012), as APPs urbanas foram estipuladas fornecendo aos municípios o dever de legislar a respeito dos parâmetros a serem seguidos respeitando as condições estabelecidas pela lei federal, conforme o Art. 4º, parágrafo 10 (Brasil, 2012):

- I – a não ocupação de áreas com risco de desastres;
II – a observância das diretrizes do plano de recursos hídricos, do plano de bacia, do plano de drenagem ou do plano de saneamento básico, se houver; e
III – a previsão de que as atividades ou os empreendimentos a serem instalados nas áreas de preservação permanente urbanas devem observar os casos de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental fixados nesta Lei.

Porém, o entendimento da lei no que envolve utilidade pública e interesse social é amplo. No caso da utilidade pública, entende-se desde obras de infraestrutura de transporte, parcelamento do solo até telecomunicações ou mineração. Como interesse social, tem-se desde atividades voltadas à integridade e recuperação da vegetação nativa até consolidação de ocupações de baixa renda ou manutenção de áreas consideradas consolidadas (Brasil, 2012).

Todavia, em áreas que não respeitem o exposto, bem como as regulações estipuladas regionalmente (se houver), a legislação determina a recuperação das áreas degradadas conforme disposto na lei:

Art. 7º A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado.

§ 1º Tendo ocorrido supressão de vegetação situada em Área de Preservação Permanente, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos nesta Lei.

Para Sasson e Brito (2019), apesar do avanço na legislação, uma vez que se passa a prever as APPs urbanas de modo explícito, constatam-se muitas controvérsias sobre a caracterização dessa categoria de APP, bem como das formas de recuperação das APPs, como postulado no artigo 64, que trata das áreas de regularização fundiária urbanas (Brasil, 2012):

§ 1º O projeto de regularização fundiária de interesse social deverá incluir estudo técnico que demonstre a melhoria das condições ambientais em relação à situação anterior com a adoção das medidas nele preconizadas.

§ 2º O estudo técnico mencionado no § 1º deverá conter, no mínimo, os seguintes elementos:

III - proposição de intervenções para a prevenção e o controle de riscos geotécnicos e de inundações;

IV - recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização (...)

Deste modo, por mais que exista a necessidade de respeitar a lei federal 12.651/2012, o que se percebe em muitos casos é a flexibilização na ocupação das APPs (Brasil; Ferreira; Cardoso, 2020; Silva *et al.*, 2021; Spode; Faria, 2021; Favoretto; Favoretto; Ferreira, 2022; Moreira *et al.*, 2022).

Considerando o exposto, no Estado de Goiás e em alguns municípios da Região Metropolitana de Goiânia houve retrocesso ao formularem leis permissivas tanto no ambiente rural quanto no ambiente urbano (Brasil; Ferreira; Cardoso, 2020; Favoretto; Favoretto; Ferreira, 2022). Do mesmo modo, ao estudar as APPs do rio Ribeirão da Mata em municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte e constatar o predomínio do interesse social como base para a antropização das áreas de APP, Moreira *et al.* (2022, p.14) destacam:

(...) à medida que o Estado, aqui representado pela figura dos municípios, não consegue garantir a estrutura mínima que o dá a prerrogativa de regulação do seu território (...) perde-se também parte do seu papel mediador, já que o espaço está em constante disputa.

Tais disputas envolvem desde necessidades básicas de moradia até empreendimentos privados de padrões elevados ou, ainda, infraestruturas urbanas e atividades econômicas variadas (Silva *et al.*, 2021; Spode; Faria, 2021; Moreira *et al.*, 2022).

Portanto, é fundamental que estudos de caracterização e diagnóstico sobre a vegetação na paisagem urbana, bem como, sobre o estado das Áreas de Preservação Permanente sejam realizados para que possam subsidiar o planejamento nas cidades. Nesse escopo, muitos municípios brasileiros, essencialmente no interior do país, possuem condições de estabelecer leis que garantam a proteção de suas APPs, uma vez que não foram totalmente degradadas ou que a possibilidade de recuperação seja maior devido ao baixo número de habitantes.

Nesse contexto, as geotecnologias facilitam o estudo da vegetação urbana, uma vez que são capazes de fornecer informações qualitativas e quantitativas com rapidez e precisão. Por meio do processamento digital de imagens é possível destacar e selecionar propriedades associadas a interação dos diferentes tipos de cobertura da terra e a energia que chega até a superfície (Jensen, 2009; Eugenio *et al.*, 2017; Brasil; Ferreira; Cardoso, 2020; Fang; Li; Ma, 2023).

Um importante índice que se destaca na avaliação da vegetação é o SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*). O SAVI ao considerar os efeitos da presença de solo exposto e densidade de vegetação, apresenta resultados eficazes em estudos automatizados sobre a vegetação urbana (Magalhães; Carvalho Junior; Santos, 2017; Bandeira; Cruz, 2021).

Entretanto, não basta a identificação e caracterização da vegetação urbana, essas informações devem ser vinculadas às possibilidades que a paisagem urbana dispõe para a manutenção e/ou restauração da vegetação, bem como o déficit existente nas diferentes localidades.

Nesse sentido, destacam-se as bases do Planejamento da Paisagem que se propõem a salvaguardar a capacidade dos ecossistemas e da capacidade recreativa da paisagem, tanto em áreas rurais quanto urbanas, como algo fundamental para a vida humana (Nucci, 2021). Tal instrumento de planejamento propõe a proteção da biodiversidade, ecossistemas e do meio físico por meio da criação de espaços livres, corredores ecológicos, renaturalização de cursos d'água, revegetação, dentre outros (Kiemstedt *et al.*, 1998; Haaren; Galler; Ott, 2008).

No âmbito de fornecer informações fundamentais para o planejamento do município de São Borja, Rio Grande do Sul, e considerando a base teórica proposta pelo Planejamento da Paisagem, a pesquisa teve como objetivo identificar, por meio de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens, a vegetação do perímetro urbano consolidado do município e, posteriormente, analisar a vegetação nas APPs urbanas relativas a cursos d'água.

MATERIAIS E MÉTODOS

São Borja possui uma população de aproximadamente 59 mil pessoas. Seu território é o 10º maior do Rio Grande do Sul com 3.617 km², entretanto, apenas 18,9 km² são de área urbana (IBGE, 2022).

A paisagem de São Borja é vinculada à dinâmica do rio Uruguai, sendo que este limita a área urbana à noroeste. Nesse sentido, a porção urbana de São Borja se apresenta em um interflúvio de onde nascem diferentes rios que desaguam no rio Uruguai. O relevo dessa área apresenta cotas entre

70 e 100 metros de altitude. As inclinações não ultrapassam os 9% e essa condição determina a hidrografia que envolve a cidade (Robaína *et al.*, 2006).

A hidrografia é composta pelas sangas¹ do Padre e do Matadouro, sendo que nessa as enchentes, derivadas da dinâmica do rio Uruguai e das condições climáticas regionais, são periódicas. Nesse sentido, praticamente toda a área localizada às margens do rio Uruguai é considerada de alta vulnerabilidade às enchentes (Righi; Robaina, 2012).

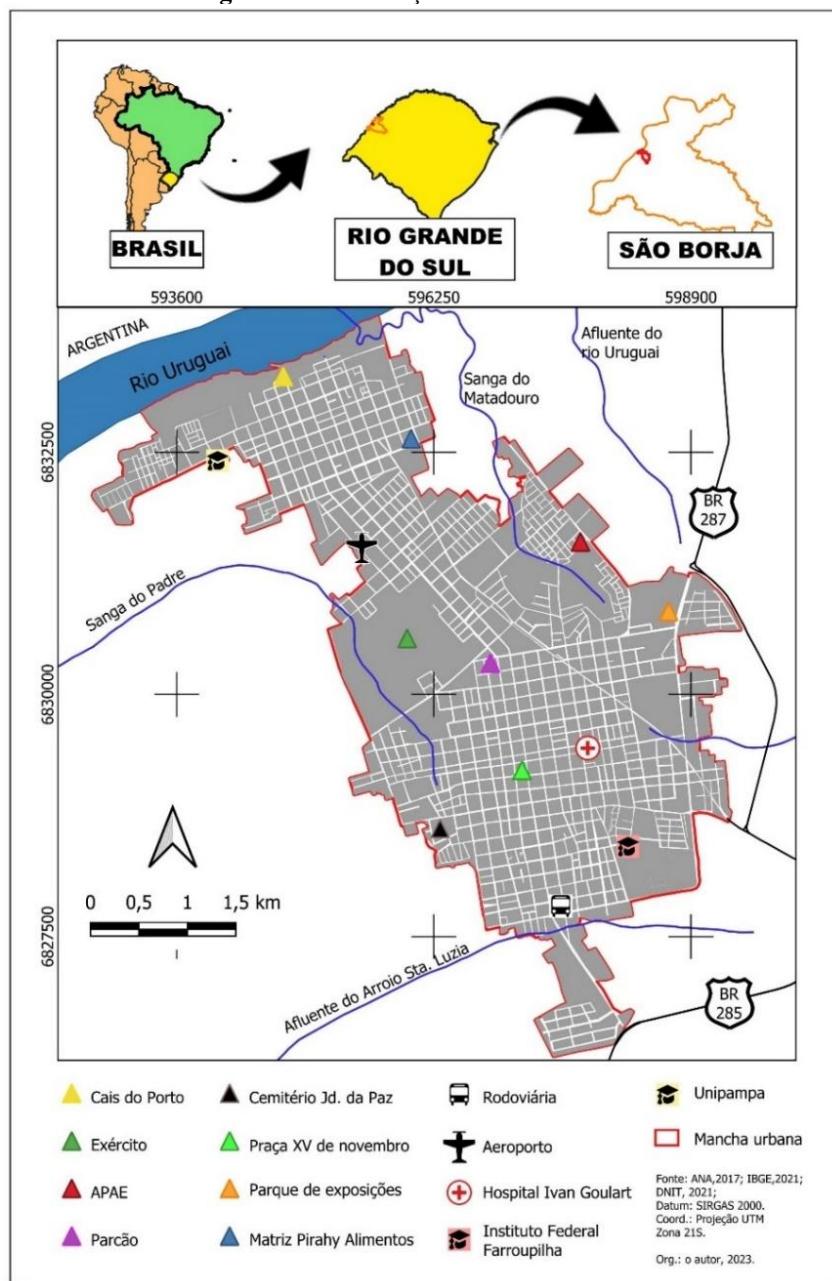
Em relação à vegetação, originalmente a região de São Borja se encontra, conforme Cordeiro e Hasenack (2009), na região fitoecológica denominada Savana-Estépica, sendo entremeada por formações pioneiras compostas por florestas deciduais. Tais formações pioneiras ocorreriam às margens dos principais rios e alagados da região.

Contudo, Buriol *et al.* (2019) demonstram que os campos, denominados pelo IBGE como Savanas-Estépicas, são derivados das condições ambientais do período terciário e, portanto, relictuais. Buriol *et al.* (2019, p. 237), afirmam que “as estações localizadas na parte mais continental do estado, com temperatura média anual acima de 19,6°C como São Borja (...) se enquadram em condições de clima de floresta sazonal tropical”.

Na atualidade, tanto a área urbana quanto o entorno são classificadas por Robaína *et al.* (2006) como associação de atividades o que envolve cultivo de soja, arroz, trigo, milho, mandioca, pastagens entre outras. O estudo considerou a área urbana consolidada, conforme ilustra a Figura 1, para mapear a vegetação e analisar as APPs urbanas em cursos d’água de São Borja.

¹ Conforme Menecozi (2018), trata-se de “um pequeno curso de água, às vezes espraiado, produzido pelas enxurradas ou por correntes subterrâneas”.

Figura 1 – Localização da área de estudos.



Fonte: os autores, 2023.

Em relação aos procedimentos técnicos, toda a produção cartográfica e o processamento da imagem, ocorreram por meio do *software* QGis 3.28.4. A imagem de satélite utilizada² no processamento digital foi adquirida por meio do *plug-in* Planet Explorer e é derivada do sensor *PlanetScope*, instrumento *SuperDove* (PSB.SD). A imagem, do ano de 2022 (mês de julho), foi tratada previamente ao download pela própria Planet, empresa fornecedora, e possui 0% de

² ID da imagem: 20220718_132618_02_2498

nebulosidade, sua resolução espacial é de três metros, sendo composta pelas bandas azul, verde, vermelho e infravermelho.

O índice utilizado para identificar a vegetação foi o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), uma vez que atenua a interferência dos solos expostos, sendo capaz de individualizá-los frente à cobertura vegetal, fornecendo resultados positivos em análises de vegetação em paisagens urbanas. O SAVI é postulado da seguinte maneira:

$$SAVI = \frac{(1 + L) \times (NIR - RED)}{(NIR + RED + L)}$$

Sendo:

NIR: Banda correspondente ao infravermelho próximo.

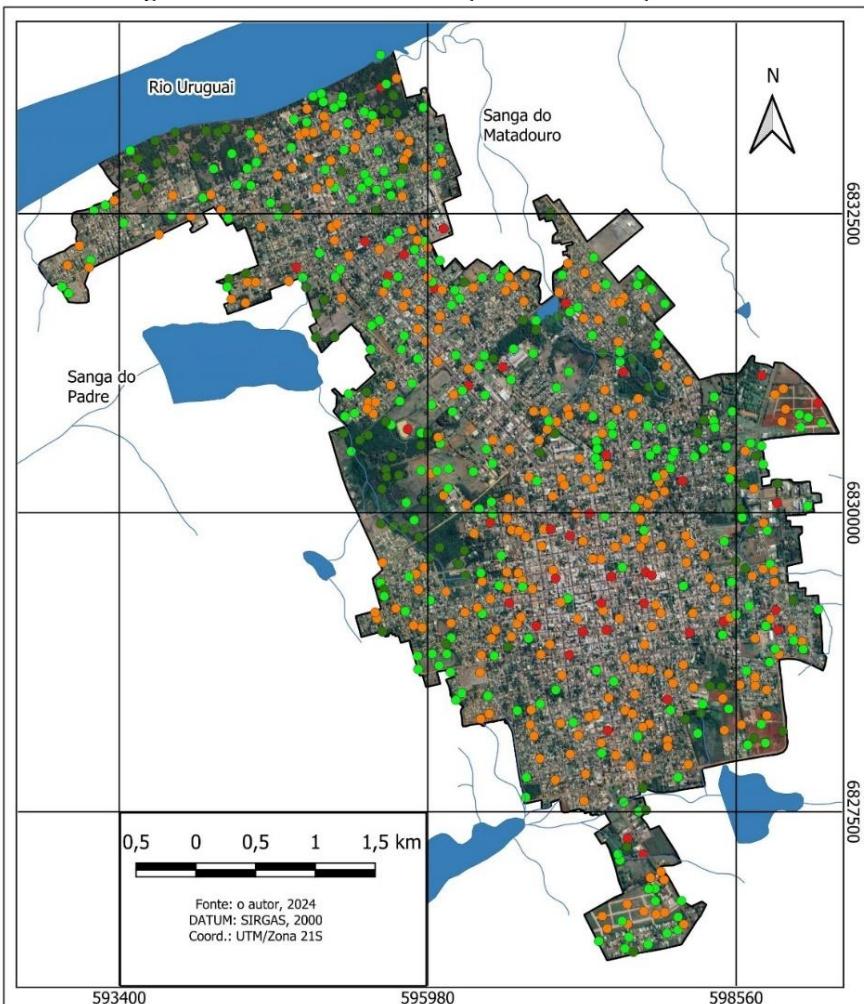
L: Fator de ajuste.

R: Banda correspondente ao Vermelho.

Conforme Huete (1988), o fator de ajuste *L* pode variar entre 0 e 1 independente do ambiente analisado. No contexto específico das paisagens urbanas, Magalhães, Carvalho-Júnior e Santos (2017) concluíram que definir esse fator com o valor de 0,25 fornece dados com alta confiabilidade.

Após a classificação automática da imagem foi feita validação por meio de 629 pontos, gerados aleatoriamente de modo proporcional a cada categoria de cobertura da terra (Figura 2). A conferência dos pontos ocorreu com a própria imagem utilizada no processamento e por meio de imagem de altíssima resolução fornecida pelo Google Imagens (por advento do *plug-in* Quick Map Services). Com base nos resultados da conferência ponto a ponto foi gerada a matriz de confusão para averiguar a acurácia geral.

Figura 2 – Amostras de verificação da classificação SAVI.



Legenda:

Amostras

- Classe 1 - Superfícies d'água, solos avermelhados e edificações de grande porte ou muito adensadas
- Classe 2 - Solos amarelados, asfalto e edificações de pequeno a médio porte
- Classe 3 - Superfícies d'água rasas, vegetação herbácea e/ou arbustiva de pequeno porte
- Classe 4 - Vegetação arbustiva de médio porte e vegetação arbórea

— Hidrografia

— Perímetro urbano

Fonte: os autores, 2024.

Concluído o mapeamento da vegetação, foram identificados os cursos de água e as nascentes presentes na área de estudos. Para tanto, houve a interpretação da imagem utilizada no estudo e, utilizando ferramentas de cartografia digital, foi estabelecida inicialmente a drenagem e posteriormente as nascentes, identificadas por pontos no início das drenagens mapeadas.

Posteriormente, foram destacadas as APPs que se aplicam à paisagem urbana do município de São Borja. É importante salientar que nem o município, nem o comitê das bacias hidrográficas dos

rios Butuí-Icamaquã possuem legislação própria ou plano de bacia hidrográfica que atenda a possibilidade de regulação de APPs, conforme referenda a lei 14.285/21.

Deste modo, as Áreas de Preservação Permanente identificadas, conforme a lei, na área urbana de São Borja seguem o disposto no código florestal (Lei 12.651/2012), sendo elas:

- As faixas marginais dos cursos d'água perenes e intermitentes;
- As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais;
- As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Uma vez identificada a legislação aplicável na área de estudos, as APPs foram mapeadas por meio de ferramentas de cartografia digital disponíveis no software QGis 3.28.4. Posteriormente foi realizado o cruzamento das APPs com os dados da vegetação mapeada. Obtidas as informações do cruzamento dos dados foi possível identificar as diferentes coberturas da terra para as APPs no município de São Borja.

RESULTADOS

A utilização do índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) na área urbana de São Borja obteve uma acurácia geral de 94% o que significa que os acertos na classificação predominaram.

Foram estabelecidas quatro classes de cobertura da terra com base no SAVI, sendo elas:

- Classe 1: superfícies d'água, solos avermelhados e edificações de grande porte ou muito adensadas;
- Classe 2: solos amarelados, asfalto e edificações de pequeno a médio porte;
- Classe 3: superfícies d'água rasas ou cobertas por vegetação aquática, vegetação herbácea e/ou arbustiva de pequeno porte;
- Classe 4: vegetação arbustiva de médio porte e vegetação arbórea.

A acurácia do produtor e do usuário podem ser conferidas na tabela 1. Por meio dos resultados apresentados, demonstra-se que tanto os erros de omissão (acurácia do produtor), como os de comissão (acurácia do usuário) foram pequenos, sendo o destaque negativo a acurácia da classe 4.

Tabela 1 – Acurácia do produtor e do usuário

Classes de cobertura	Acurácia do produtor (%)	Acurácia do usuário (%)
Classe 1	92%	94%
Classe 2	99%	97%
Classe 3	93%	94%
Classe 4	83%	85%

Fonte: os autores, 2024.

Todavia, a classe 4, que apresentou uma confiança menor do que as demais (Tabela 1), não configura um problema na perspectiva do mapeamento das APPs considerando que os erros encontrados na classificação foram relativos a sua distinção frente a classe 3. Ambas, no entanto, tratam da vegetação e deste modo podem ser consideradas em conjunto sob a ótica da análise das APPs.

Uma vez realizado o mapeamento, constatou-se que 53,3% da área urbana de São Borja apresenta alguma cobertura vegetal (Classes de cobertura 3 e 4 - Tabela 2). A quantificação demonstrou que a maior parte, no entanto, é de vegetação de pequeno porte como herbáceas ou arbustivas que ocupam 7,4 km², ou 39,4% da área urbana.

Tabela 2 – Área das classes de cobertura da terra, São Borja-RS.

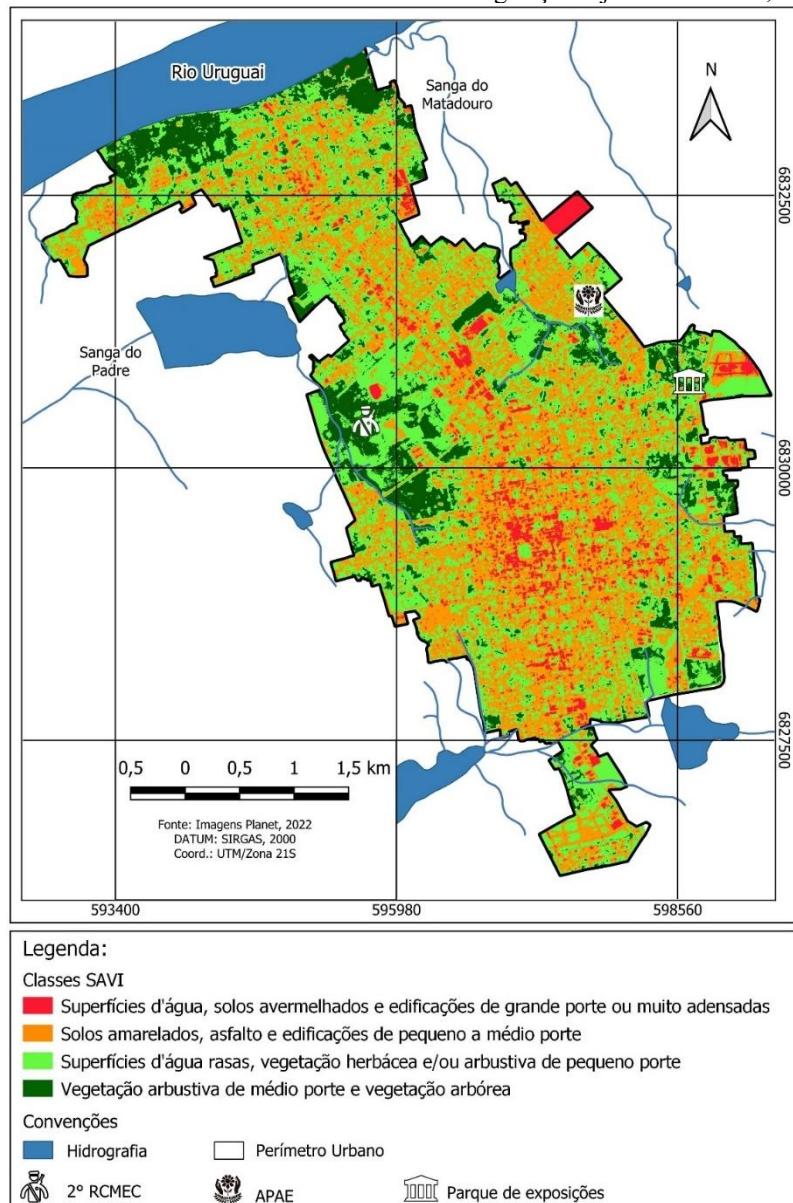
Classes de cobertura	Área (km ²)	Proporção (%)
Classe 1	1,1	6,1
Classe 2	7,7	40,6
Classe 3	7,4	39,4
Classe 4	2,6	13,9
Total	18,9	100

Fonte: os autores, 2024.

Em relação a vegetação arbórea e arbustiva com maior porte (classe 4), ficou evidente sua concentração na periferia do espaço urbano ou em áreas que de alguma forma são de acesso limitado, como o 2º Regimento de Cavalaria Mecanizado (RCMEC), Parque de exposições Serafim Vargas ou a Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) de São Borja. Há, ainda, uma extensa e larga faixa de vegetação às margens do rio Uruguai (Figura 3) em que a ocupação antrópica se torna difícil em função das cheias periódicas. A classe 4 ocupa 2,6 km² dos 18,9 km² de área urbana, o que representa 13,9%.

Ao analisar a vegetação inserida efetivamente na malha urbana, percebe-se que sua característica predominante é a classe 3 – vegetação de pequeno porte como herbáceas ou arbustivas – todavia, principalmente, ao norte-noroeste do município é recorrente a presença de fragmentos de vegetação arbórea que configuram a classe 4 (Figura 3).

Figura 3 – Classes de cobertura da terra com base no Índice de Vegetação Ajustado ao Solo, São Borja-RS.



Fonte: os autores, 2024.

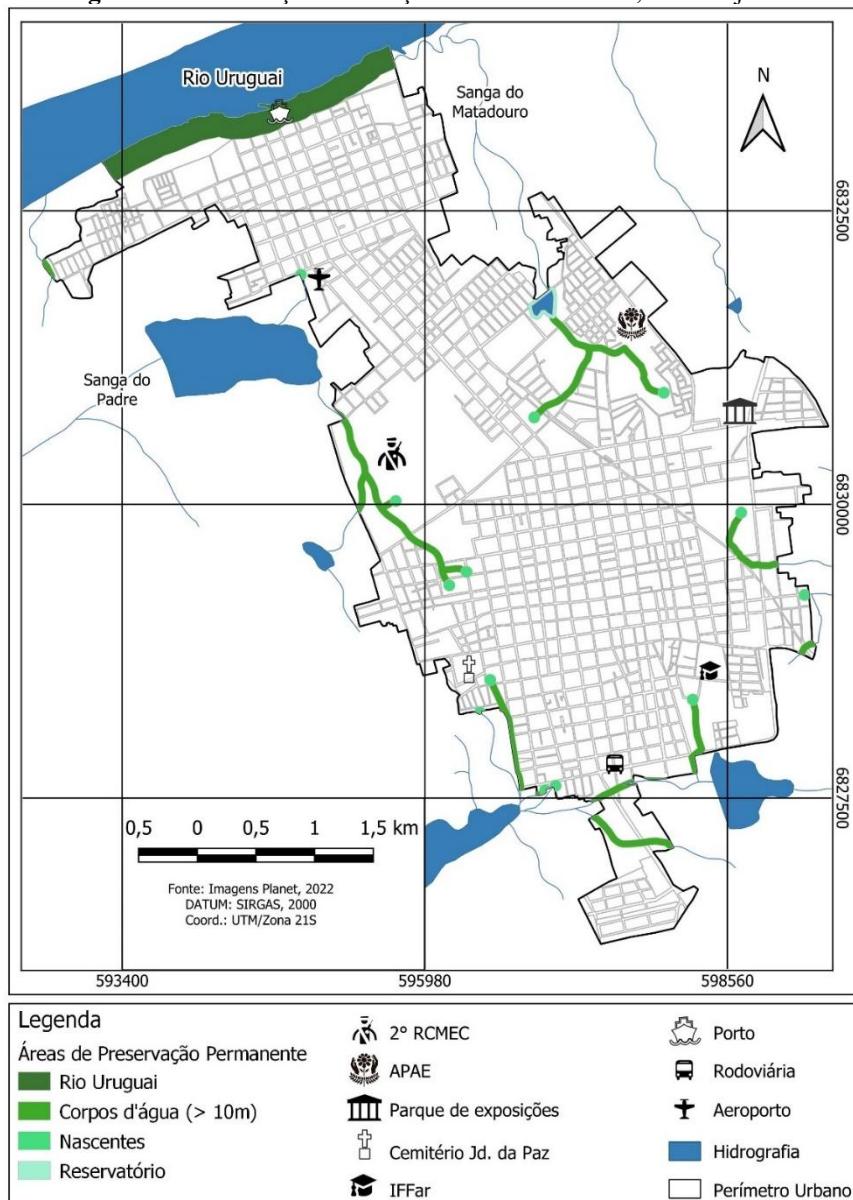
Uma vez espacializada a vegetação, realizou-se o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs) aplicáveis ao município. Conforme o novo código florestal (Lei 12.651/2012), modificado pela lei 14.285/21, os municípios passam a poder legislar sobre suas APPs. No caso de

São Borja, três possíveis leis poderiam ser vinculadas ao processo de estabelecimento das APPs, sendo elas o código florestal estadual (Lei estadual 15.434/2020), o plano de recursos hídricos (Lei nº 9.433/97) e o plano diretor municipal (Lei municipal N° 8/97). Em relação ao primeiro, não há especificações mais restritivas que a lei federal, quanto ao plano de recursos hídricos, não há estudos publicados (DRHS, 2021). Em relação ao plano diretor em vigor, não há determinação nenhuma em relação a APPs. O novo plano diretor se encontra em discussão. Deste modo, prevalece a lei 12.651/2012, modificada pela lei 14.285/21.

Portanto, com base no novo código florestal brasileiro, o fator determinante para a delimitação das APPs urbanas de São Borja são os corpos d'água. Foram identificadas áreas com nascentes, cursos d'água menores que 10 metros de largura, um reservatório nas proximidades da APAE e a margem esquerda do rio Uruguai (Figura 4). Assim, as respectivas APPs devem ser delimitadas da seguinte maneira:

- Nascentes: raio de 50 metros;
- Reservatório: 30 metros;
- Corpos d'água menores que 10 metros de largura: 30 metros;
- Rio Uruguai: 200 metros.

Figura 4 – Localização e distinção das APPs urbanas, São Borja-RS.



Fonte: os autores, 2024.

A totalidade das APPs encontradas (Figura 4) foi de 103,7 ha, destacando-se as áreas referentes ao rio Uruguai e aos demais canais, cujas áreas totais são semelhantes (Tabela 3). Em relação às nascentes, foram identificadas apenas 13 dentro do perímetro pesquisado. O mapeamento das APPs em nascentes indicou uma área de 11,6 ha (Tabela 3).

Tabela 3 – Categorias de APPs em função da classe de cobertura da terra, em hectares.

Categoria de APP/ Classe de cobertura	Reservatório	Nascentes	Canais (≤ 10 m.)	Rio Uruguai
Classe 1	0,3	0,2	3,3	0,4
Classe 2	0,1	2,5	4,7	4,1
Classe 3	1,6	5,6	19,7	15,4
Classe 4	0,4	3,3	15,3	26,8
Total	2,4	11,6	43	46,7

Fonte: os autores, 2024.

Os reservatórios em curso de rio são muito comuns na região de São Borja em função do tipo de atividade agrícola e do relevo suave da região. Entretanto no perímetro pesquisado, apenas um foi identificado e pôde ser classificado como APP (Figura 4). Computou-se, deste modo, 2,4 hectares de APP de reservatórios d'água, dos quais 2 ha são cobertos por vegetação.

Em relação aos 11,6 hectares de APP de nascentes, 8,9 ha estão ocupados por vegetação (Figura 5). Três nascentes, localizadas à sudoeste, nas proximidades da rodoviária, possuem APPs em que predomina a classe 2 (solos amarelados, asfalto e edificações de pequeno a médio porte), trata-se de áreas de aterros com presença de infraestrutura de saneamento, energia elétrica e arruamento (mesmo que sem asfalto).

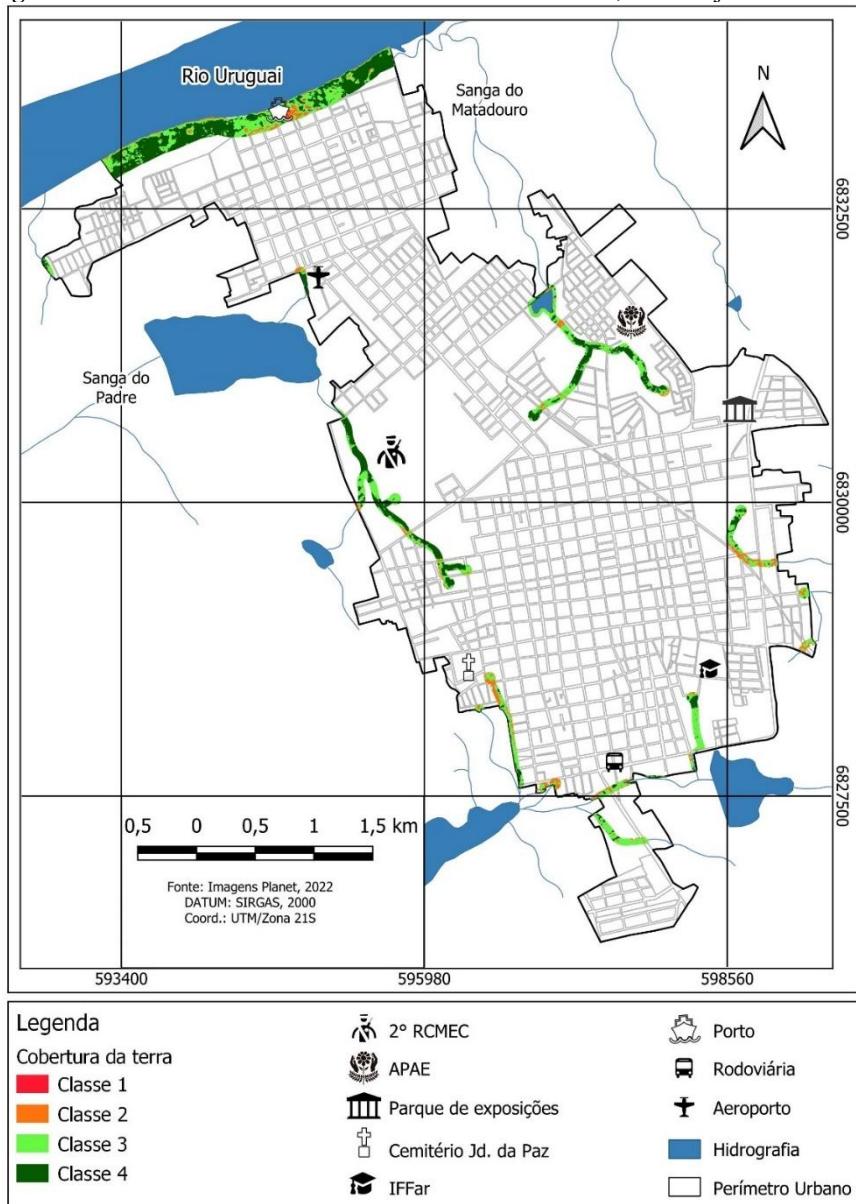
Considerando as APPs em que a vegetação prepondera é possível perceber que a classe 3 (composta por vegetação rasteira ou de pequeno porte) se apresenta em maior quantidade (Tabela 3). Com exceção de uma nascente encontrada em área militar (Figuras 4 e 5), todas as outras, mesmo que não aterradas, encontram-se em áreas loteadas. Portanto, não há evidências de planejamento voltado para a conservação da vegetação nessas áreas.

Em relação aos canais de até 10 metros presentes na malha urbana de São Borja, foram computados 43 hectares de APPs, dentre os quais 35 ha possuem vegetação, o que é salutar. Predomina a classe 3 (composta por vegetação herbácea ou de pequeno porte) com 19,7 ha frente a classe 4 (vegetação arbustiva de médio porte e vegetação arbórea) com 15,3 hectares (Figura 5; Tabela 3).

Contudo, é visível nos canais que seguem para as sangas do Padre e do Matadouro maior presença da classe 4 (Figura 5). Tais áreas envolvem usos como área militar (RCMEC), propriedade privada de grande porte relacionada a agroindústria, parque de exposições Serafim Vargas (Figura 4 e 5), dentre outros terrenos que por serem grandes e com usos específicos, acabam auxiliando a conservação da vegetação nas APPs.

Nos canais que seguem para o sul e sudeste nas proximidades da rodoviária e do cemitério Jardim da Paz (Figura 5), observam-se áreas limítrofes do urbano com o rural, sendo que no sentido sudoeste, margeando a área estudada, há um grande banhado derivado de uma barragem o que dificulta a expansão da área urbana nessa direção. Nos canais presentes em tal contexto, predomina a classe 3 com vegetação de menor porte (Figura 3 e 5).

Figura 5 – Classes de cobertura da terra nas APPs urbanas, São Borja-RS.



Fonte: os autores, 2014.

Dentre todas as APPs identificadas, a de maior destaque é a relativa ao rio Uruguai que em função dos seus cerca de 500 metros de largura demanda uma APP de 200 metros (Figura 4). Trata-

se de 46,7 hectares de APP (Tabela 3) em que há o predomínio da classe 4, composta por arbóreas e arbustivas de médio a grande porte, com 26,8 ha. Essa área ultrapassa em 10 ha a área da classe 3 (15,4 ha). São apenas 4,4 hectares de áreas não vegetadas, considerando o método adotado.

A área em que há maior desmatamento é justamente onde no passado se estabelecia o porto que dava acesso ao rio Uruguai, utilizado para circulação de pessoas entre Brasil e Argentina, bem como para atividades comerciais (Figuras 1 e 5). Na atualidade, essa área é utilizada para recreação e turismo contendo restaurantes, área para eventos ao ar livre, bem como algumas moradias próximas.

A cobertura da terra predominante nas áreas construídas do porto são asfalto e concreto, sendo que uma avenida margeando o rio Uruguai foi aprovada e está sendo implementada pelo poder público (Portal das Missões, sem data), e, atualmente, em fase de acabamento conforme verificado em campo (setembro de 2025), mesmo que não seja condizente com a legislação em vigor. Righi e Robaina (2012), ao avaliarem a vulnerabilidade e o risco de inundações da área urbana de São Borja, identificaram que praticamente toda APP urbana do rio Uruguai é vulnerável, sendo que o risco mais elevado ocorre justamente nas áreas com ocupações humanas no porto e suas proximidades.

CONCLUSÃO

O processamento de imagem realizado com intuito de mapear a vegetação na área urbana de São Borja obteve acurácia geral de 94%, o que é considerado um valor confiável para esse tipo de proposta. Foram identificadas quatro classes sendo que duas delas são relativas a vegetação em ambiente urbano, o foco do estudo.

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente para o município, por sua vez, demandou aprofundamento na busca por leis que pudessem adequar a realidade urbana do município ao disposto na lei 14.285/21. Entretanto, constatou-se que, na ausência de leis específicas para o contexto de São Borja, a legislação vigente é o código florestal brasileiro (Lei 12.651/12). Sabe-se, entretanto que o novo plano diretor do município está em trâmite³, enquanto o comitê das bacias hidrográficas Butuí-Icamaquã não possui nenhuma publicação capaz de atender às demandas da Política Nacional de Recursos hídricos (Lei 9.433/97) e legislar, inclusive, sobre as APPs urbanas.

Considerando o panorama legal e a cobertura da terra, foram encontrados 103,7 hectares de APPS urbanas, destes, 88,2 hectares estão ocupados por vegetação. Quatro enquadramentos legais são possíveis, sendo eles: reservatório, nascentes, canais menores que 10 metros de largura e o rio Uruguai com mais de 500 metros de largura. Em área, estas duas categorias se destacam com,

³ Informação atualizada em outubro de 2025.

respectivamente, 43 e 46,7 hectares, enquanto as nascentes apresentam APP em 11,6 ha. O único reservatório d'água em área urbana apresenta APP de 2,4 ha.

Analizando a vegetação nessas APPs, a classe de cobertura que envolve vegetação herbácea e/ou de pequeno porte foi a que predominou, exceto nas áreas às margens do rio Uruguai nas quais a vegetação arbórea e arbustiva de grande porte é a que se destaca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMATO-LOURENÇO, L. F.; MOREIRA, T. C. L.; ARANTES, B. L. de; SILVA-FILHO, D. F. de S.; MAUAD, T. Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 113–130, 1 jan. 2016.

ANTUNES, P. B. Áreas de Preservação Permanente Urbanas. O Novo Código Florestal e o Judiciário. **Revista de Informação Legislativa**, n. 206, p. 83–102, 2015.

BANDEIRA, T. V.; CRUZ, M. L. B. DA. Estudo da cobertura vegetal do município de Guaiuba/CE com base na utilização dos índices de vegetação SAVI e NDVI. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 410–433, 2021.

BRASIL. Lei nº 9.433, de janeiro de 1997 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, DF, **Diário Oficial da União**, 9 jan. 1997. Disponível em:

<https://legis.senado.leg.br/norma/551309/publicacao/15755456> Acesso em: 22 fev. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Novo Código Florestal, Brasília, DF, n. 102, **Diário Oficial da União**, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 22 jun. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021. Brasília, DF, **Diário Oficial da União**, 30 dez. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm. Acesso em: 05 mar 2024.

BRASIL, J.; FERREIRA, M. E.; CARDOSO, M. R. D. Avaliação das Áreas de Preservação Permanente da região metropolitana de Goiânia a partir da análise legal e de sistema de informação geográfica. **Confins**, n. 45, 2020.

BURIOL, A. B.; ESTEFANEL, V.; CHAGAS, A. C. de; KUINCHTNER, A. Relação da vegetação natural do Estado do Rio Grande do Sul com as disponibilidades climáticas. **Ciência florestal**, v. 29, n. 1, p. 233-242, 2019.

CAMPESTRINI, H. **Enciclopédia das Águas de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: IHGMS, 2014.

CASADEI, P.; SEMMARTIN, M.; GARBULSKY, M. F. Análisis regional de las islas de calor urbano en la Argentina. **Ecología Austral**, v. 31, n. 1, p. 190–203, 2021.

CUNHA, A. de A.; RODRIGUES, C. G. de O.; PIVOTO-SANCHO, A.; CASALS, F. R. A conexão com a natureza em parques urbanos brasileiros e sua contribuição para o bem-estar da população e para o desenvolvimento infantil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, 2022.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 83–97, 2016.

DE GROOT, R. S. **Functions of Nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making**. Amsterdam: Wolters-Noordhoff, 1992.

DEPARTAMENTO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO (DRHS). Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul - 2021**. Disponível em:
<https://www.sema.rs.gov.br/relatorio-rh-2021> Acesso em: 05 mar 2024.

CORDEIRO, J. L. P.; HASENACK, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. de P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. de S.; JACQUES, A. V. A. (ed). **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R.; FIEDLER, N. C.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, A. G.; SOARES, V. P.; GLERIANI, J. M. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente do Estado do Espírito Santo, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 897-906, 2017.

FANG, X.; LI, J.; MA, Q. Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: A comprehensive literature review. **Sustainable Cities and Society**, v. 98, p. 104843, 2023.

FAVORETTO, J. B.; FAVORETTO, N. B.; FERREIRA, M. E. O código florestal e a sua flexibilização em áreas de preservação: o caso da Região Metropolitana de Goiânia, Goiás. **Caminhos de Geografia**, v. 23, n. 89, p. 340–351, 10 out. 2022.

HAAREN, C. von, GALLER, C.; OTT, S. **Landscape planning. The basis of sustainable landscape development**. Leipzig: Bundesamt für Naturschutz, 2008.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p295-309, 1988.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos: INPE. 2009.

KIEMSTEDT, H.; von HAAREN, C.; MÖNNECKE, M.; OTT, S. **Landscape Planning. Contents and Procedures**. Bonn: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 1998.

LECIC-TOSEVSKI, D. Is urban living good for mental health? **Current Opinion in Psychiatry**, v. 32, n. 3, p. 204–209, 2019.

LEE, A. C. K.; MAHESWARAN, R. The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. **Journal of Public Health**, v. 33, n. 2, p. 212–222, 2011.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**. O exemplo de São Paulo. São Paulo, Hucitec, 1985, p. 244.

MAGALHÃES, I. A. L.; CARVALHO-JUNIOR, O. A. DE; SANTOS, A. R. Dos. Comparative analysis between techniques of Remote Sensing in measurement of vegetation urban in municipality of Alegre, ES. **Revista Cerrados**, v. 15, n. 1, p. 156–177, 2017.

MASCARÓ, L. **Ambiência urbana**. Porto Alegre: Ed. Sagra, 1996.

MENEKOZI, A. R. **Enciclopédia das Águas: riqueza e diversidade hidrográfica**. Campo Grande: O Estado, 2018. Disponível em: <https://ihgms.org.br/vc-sabia/o-que-e-a-enciclopedia-das-aguas-de-mato-grosso-do-sul-158>. Acesso em: 20 out. 2025.

MOREIRA, V. M.; PEREIRA, M. P. R.; SILVA, E. F.; MACIEL, V. M. Desafios do controle ambiental dos recursos hídricos: um estudo da Área de Preservação Permanente (APP) do Ribeirão da Mata – MG. **Cadernos do Leste**, v. 22, n. 22, 2022.

NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). Curitiba: Edição do autor, 2008.

NUCCI, J. C. Aspectos teóricos do Planejamento da Paisagem. In.:NUCCI, J. C. (org) **Planejamento da Paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano**. Porto Alegre: Editora Fii, 2021.

NUCCI, J. C.; ROCHA, M. F. DA. Espaços livres de edificação e com vegetação arbórea nos pátios e no entorno das escolas municipais em Curitiba/PR. **Ateliê Geográfico**, v. 16, n. 3, p. 242–261, 2022.

OLIVEIRA, A. M. DE. A regularização fundiária urbana de interesse social em áreas do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Estudos de Planejamento**, v. 0, n. 14, 2020.

PLANET TEAM. **Planet Application Program Interface**: In Space for Life on Earth. Planet, 2022. Programa de computador. 2022. Disponível em: <https://university.planet.com/page/planet-apis>. Acesso em: 20 nov. 2023.

PORTAL DAS MISSÕES. Assinada ordem de serviço para início das obras na Avenida Beira Rio. Disponível em: <https://www.portaldasmissoes.com.br/noticias/assinada-ordem-de-servico-para-inicio-das-obras-na-avenida-beira-rio-6452?pagina=1253>. Acesso em: 11 out. 2025.

QGIS Development Team. **QGis 3.28 Firenze**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Programa de computador. Disponível em: <https://qgis.org/download/> Acesso em: 27 jun. 2022.

RICHARDS, D. R.; BELCHER, R. N. Global Changes in Urban Vegetation Cover. **Remote Sensing**, v. 12, n. 1, p. 23, 2019.

RIGHI, E.; ROBAINA, L. E. DE S. Risco à inundação no médio curso do rio Uruguai: estudo de caso no município de São Borja - RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 3, 2012.

RIO GRANDE DO SUL. Lei 15.434, de janeiro de 2020. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, n. 148, 10 de janeiro de 2020. Disponível em: <https://diariooficial.rs.gov.br/materia?id=378023>. Acesso em 11 out. 2025.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; Nardin, D. de ; BAZZAN, T. **Atlas Geoambiental de São Borja**. Santa Maria: Lageolam, 2006.

SÃO BORJA. Lei Complementar nº 8, de agosto de 1997. **Portal da Prefeitura de São Borja**, São Borja, RS. Disponível em: <https://www.saoborja.rs.gov.br/index.php/plano-diretor>. Acesso: 02 mar 2024.

SASSON, J. M.; BRITO, F. P. M. de Áreas de Preservação Permanente urbanas: entre dilemas e possibilidades. **Revista da Procuradoria-Geral do Município de Fortaleza**, v.26, n.2, 2019. 2019.

SILVA, C. V. *et al.*. Análise multitemporal da dinâmica da paisagem e da área de preservação permanente (app) da Ilha de Mosqueiro/PA. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 7, n. 20, 2021.

SPODE, P. L. C.; FARIA, R. M. Privação social na área urbana de Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, p. 31-54, 2021.

YANG, Y.; XU, Y.; DUAN, Y.; YANG, Y.; ZHANG, S.; XIE, Y. How can trees protect us from air pollution and urban heat? Associations and pathways at the neighborhood scale. **Landscape and Urban Planning**, v. 236, p. 104779, 2023.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision: keyfacts**. 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wup/publications>. Acesso em: 13 mar 2024.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). **World Population Prospects 2018: Highlights** (ST/ESA/SER.A/423). Disponível em: <https://population.un.org/wup/publications>. Acesso em: 13 mar 2024.