

ANÁLISE FUNCIONAL DA PAISAGEM URBANA: QUALIDADE AMBIENTAL DO SETOR LESTE DE DESCALVADO/SP A PARTIR DO USO DO SOLO

Caio Faria da Cunha Barbosa Adorno

Universidade de São Paulo,
Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, São Paulo, SP, Brasil
caioadorno@usp.br

Ítalo Sousa de Sena

University College Dublin,
School of Architecture, Planning & Environmental Policy, Dublin, Ireland
italo.sousadesena@ucd.ie

Otacílio Lopes de Souza da Paz

Universidade Estadual do Paraná,
Instituto de Geografia, União da Vitória, PR, Brasil
otacilio.paz@unespar.edu.br

Luis Antonio Bittar Venturi

Universidade de São Paulo,
Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, São Paulo, SP, Brasil
luisgeo@usp.br

RESUMO

As transformações na paisagem urbana, impulsionadas pela expansão territorial e pela substituição de áreas vegetadas por superfícies impermeáveis, têm transformado a qualidade ambiental das cidades. Em Descalvado/SP, a ausência de instrumentos eficazes de regulação territorial, como planos diretores com sensibilidade ambiental, agrava os desequilíbrios ecológicos intraurbanos. Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo avaliar a qualidade ambiental do setor leste do município, a partir de uma leitura funcional da paisagem baseada no uso do solo. Os lotes foram classificados em 19 classes temáticas com base em critérios funcionais e ambientais. A cada classe foi atribuído um valor de Índice de Qualidade Ambiental (IQA), variando de 0 a 1, conforme parâmetros como cobertura vegetal, escoamento superficial, infiltração e estabilidade morfodinâmica. O IQA médio do setor foi de 0,47, indicando qualidade ambiental intermediária, com predominância de áreas impermeáveis e fragmentação da vegetação. Essa situação reforça a urgência de medidas compensatórias, como a criação de áreas verdes públicas e a exigência de jardins em novos loteamentos. Os resultados evidenciam a importância de se incorporar diagnósticos ambientais ao planejamento urbano, contribuindo para a elaboração de políticas mais sensíveis às dinâmicas ambientais locais.

Palavras-chave: Geossistemas. Planejamento urbano. Sustentabilidade. Plano Diretor Municipal.

FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE URBAN LANDSCAPE: ENVIRONMENTAL QUALITY OF THE EASTERN SECTOR OF DESCALVADO/SP BASED ON LAND USE

ABSTRACT

Transformations in the urban landscape, driven by territorial expansion and the replacement of vegetated areas with impermeable surfaces, have altered the environmental quality of cities undergoing growth. In Descalvado/SP, the absence of effective territorial regulation instruments, such as master plans with environmental sensitivity, has exacerbated intra-urban ecological imbalances. This study aims to assess the environmental quality of the eastern sector of the municipality through a functional reading of the landscape based on land use. The lots were classified into 19 thematic classes based on functional and environmental criteria. Each class was assigned an Environmental Quality Index (IQA) value, ranging from 0 to 1, according to parameters such as vegetation cover, surface runoff, infiltration, and morphodynamic stability. The average IQA of the sector was 0.47, indicating intermediate environmental quality, with a predominance of impermeable areas and fragmented vegetation. The results highlight the importance of incorporating high-resolution environmental

diagnostics into urban planning, especially in smaller municipalities, contributing to the development of policies that are more responsive to local environmental dynamics.

Keywords: Geosystem. Urban planning. Sustainability. Municipal Master Plan.

INTRODUÇÃO

As transformações no uso e na cobertura da terra em áreas urbanas e periurbanas vêm promovendo alterações significativas na qualidade ambiental (Nucci et al., 2019). Sobretudo em cidades pequenas (até 50 mil habitantes) e médias (acima 100 mil habitantes), em processo de expansão e consolidação territorial (IBGE, 2024);

A crescente urbanização dos municípios de pequeno e médio porte no interior paulista tem produzido transformações significativas na paisagem, com impactos diretos sobre a qualidade ambiental urbana (Goulart, Terci e Otero, 2013). A substituição de áreas vegetadas por superfícies impermeáveis, associada à fragmentação ecológica e à ausência de diretrizes efetivas de planejamento, compromete os serviços ecossistêmicos essenciais ao equilíbrio das cidades (Hardi e Azizalrahman, 2025). Torna-se necessário compreender como o uso e a cobertura da terra se organizam no território urbano e de que forma contribuem, positiva ou negativamente, para a sustentabilidade ambiental.

A gestão do uso e da cobertura da terra em áreas urbanas tem se apoiado, cada vez mais, em técnicas de sensoriamento remoto e modelagem geoespacial, capazes de integrar múltiplas dimensões do ambiente físico e social. O avanço dos sensores orbitais de alta resolução e das plataformas de código aberto, como o Google Earth Engine e o QGIS, ampliou a capacidade de monitoramento contínuo e multitemporal das transformações da paisagem (Liu et al., 2022; Li et al., 2023). Essas ferramentas têm sido amplamente utilizadas para avaliar impactos da urbanização, identificar padrões de fragmentação ecológica e mensurar indicadores de qualidade ambiental urbana, como cobertura vegetal, impermeabilização e temperatura de superfície (Shi et al., 2023).

O uso combinado de dados de sensoriamento remoto com a modelagem geoespacial permite não apenas o mapeamento estático do território, mas também a simulação de cenários de uso do solo, contribuindo para a gestão adaptativa e o planejamento sustentável (Hou et al., 2020). Essa abordagem vem sendo aplicada em diversos contextos internacionais, demonstrando que a análise espacial integrada é uma ferramenta central para a formulação de políticas de ordenamento territorial, mitigação de riscos e otimização de infraestrutura verde (Li et al., 2023).

No contexto brasileiro, o enfrentamento desses desafios esbarra na fragilidade de instrumentos de planejamento e ordenamento territorial, como os Planos Diretores Municipais (Costa de Oliveira; Cestaro 2020). Embora legalmente exigidos, os diagnósticos ambientais presentes nesses documentos, em muitos casos, apresentam dados generalizados, desatualizados ou pouco adequados à escala local (Almeida et al., 2015). Fato que compromete sua eficácia na análise e gestão da qualidade ambiental nas diferentes porções do território municipal (Xia; Dong; Zou, 2022).

Em Descalvado/SP, município do interior paulista, o processo de expansão urbana revela contradições típicas de cidades interioranas: por um lado, a manutenção de áreas com cobertura vegetal significativa; por outro, a intensificação da impermeabilização do solo, especialmente em novos loteamentos residenciais (Adorno et al., 2024). A carência de instrumentos eficazes de regulação territorial, como planos diretores com ênfase ambiental, agrava a ocupação desordenada e dificulta a conservação de áreas de interesse ecológico.

Diante desse panorama, esse artigo tem como objetivo principal avaliar a qualidade ambiental do setor Leste de Descalvado/SP a partir do mapeamento detalhado do uso da terra, com base na metodologia adaptada de Valaski (2013). A pesquisa busca fornecer um diagnóstico ambiental que subsidie futuras diretrizes de planejamento urbano, contribuindo para o reconhecimento das dinâmicas territoriais e da importância das áreas vegetadas, formais ou informais, no contexto urbano.

Neste artigo, compreende-se o uso do solo como as formas de apropriação humana do espaço urbano, cobertura da terra refere-se à ocupação biofísica observável (vegetação, solo exposto, superfícies construídas), qualidade ambiental é aqui entendida como a capacidade de manutenção dos serviços ecossistêmicos urbanos e do equilíbrio morfodinâmico local (Nucci et al., 2019). São, portanto, aspectos que se inter-relacionam e configuram a paisagem (Cai et al., 2024).

Além do recorte local, a análise propõe reflexões sobre os mecanismos de política e regulação territorial no Brasil, destacando como instrumentos de ordenamento territorial, como os Planos Diretores Municipais, quando dotados de diagnósticos ambientais eficientes, podem desempenhar papel estratégico na prevenção da degradação, na conservação da biodiversidade urbana e na promoção da sustentabilidade das cidades.

O Plano Diretor de Descalvado, embora formalmente instituído, carece de instrumentos operacionais de diagnóstico ambiental refinado (Adorno et al., 2024). As categorias de zoneamento urbano presentes no documento são generalistas e pouco sensíveis à variação da qualidade ambiental em escala intraurbana. A abordagem aqui proposta, com base no uso do solo e na atribuição de valores ao Índice de Qualidade Ambiental (IQA) por classe de uso, propõe-se a preencher parte dessa lacuna, oferecendo uma leitura espacializada e quantitativa que pode subsidiar decisões futuras no campo da gestão urbana e da política ambiental.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O setor Leste do município de Descalvado/SP (Figura 1), foco dessa pesquisa, insere-se em uma região de paisagem complexa, marcada pela interação entre fatores naturais e antrópicos que condicionam diretamente a qualidade ambiental urbana (Song, Jiang e Li, 2024). O município, localizado na região Centro-Leste do estado de São Paulo, possui população estimada em 32.622 habitantes em 2024, caracterizando-o como de pequeno porte (IBGE, 2024). Apesar disso, apresenta dinâmicas urbanas de crescimento e expansão típicas de cidades médias, com loteamentos residenciais recentes, crescente impermeabilização do solo e ocupação de áreas ecologicamente sensíveis.

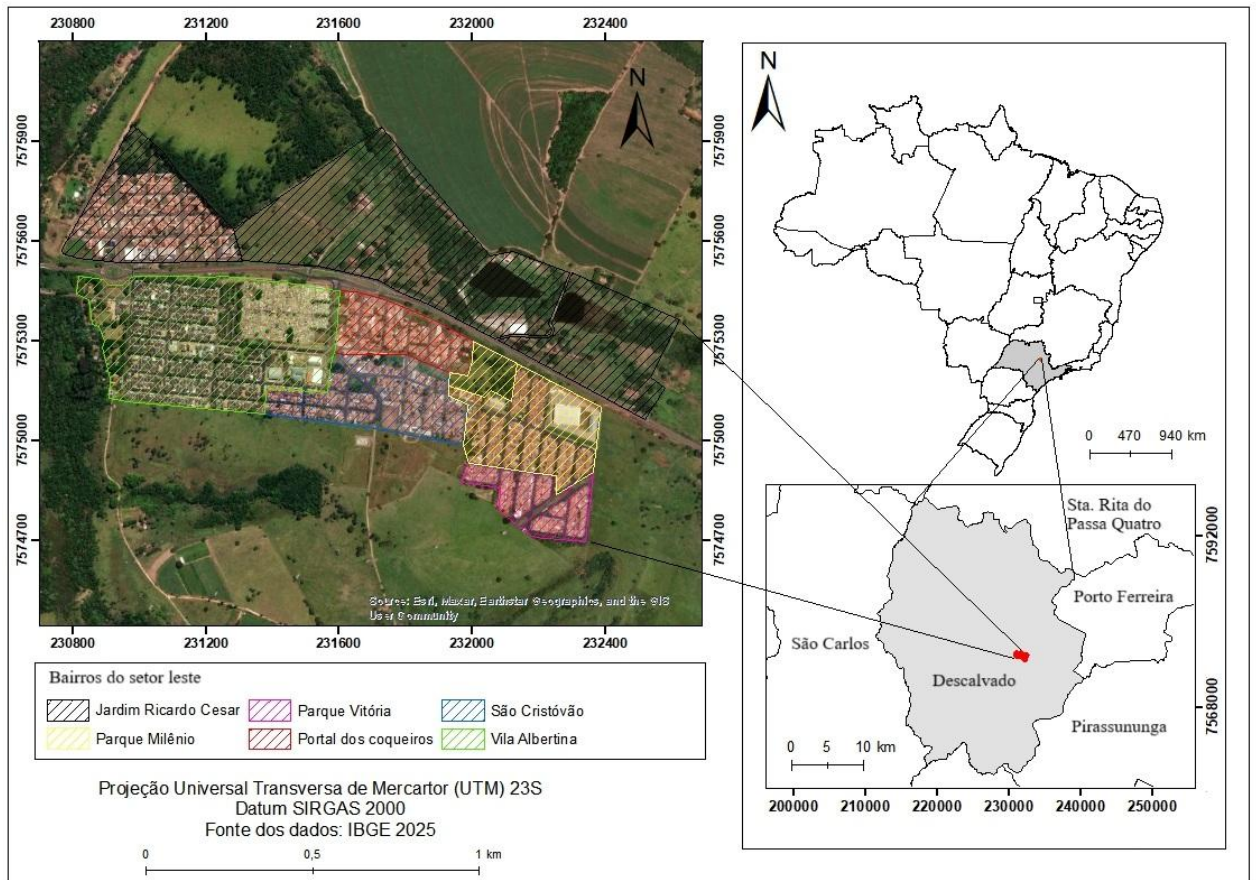
A zona urbana de Descalvado possui área total de aproximadamente 586,95 hectares, conforme delimitação obtida a partir da base cartográfica municipal (IBGE, 2025). Dentro desse perímetro, destaca-se o setor leste, cuja extensão abrange cerca de 100,70 hectares, correspondendo a aproximadamente 17% da área urbana total. A escolha desse recorte espacial justifica-se pela sua expressiva representatividade na configuração urbana do município e pela presença de transições marcantes entre usos residenciais consolidados, áreas em processo de adensamento e setores de contato direto com zonas agrícolas e de expansão urbana.

Do ponto de vista abiótico, o município está inserido na região de clima tropical de altitude (Cwa), com verões chuvosos e invernos secos, conforme a classificação de Köppen (1936). Essa sazonalidade marcada, com precipitações concentradas em determinados períodos do ano, influencia diretamente os processos de escoamento superficial e recarga hídrica, sendo especialmente relevante para a análise da infiltração e da estabilidade morfodinâmica da paisagem urbana.

Os solos predominantes são latossolos roxos derivados de basalto, com textura argilosa e alta fertilidade natural, fator que historicamente favoreceu o uso agrícola intensivo, mas que, no contexto urbano, torna essas áreas suscetíveis à compactação e perda de capacidade de infiltração devido à urbanização (EMBRAPA, 2025). O relevo da área é suave a ondulado, com presença de colinas e terraços fluviais, o que condiciona tanto os fluxos de água quanto os padrões de ocupação.

Quanto aos aspectos bióticos, o município apresenta remanescentes fragmentados de vegetação nativa, sobretudo em formações de Mata Atlântica e Cerrado (Silva et al., 2017). Embora a cobertura vegetal original tenha sido amplamente substituída por áreas agrícolas e urbanas, ainda persistem fragmentos relevantes nos limites e interstícios da malha urbana, especialmente em áreas de encosta, fundos de vale e ao longo de cursos d'água.

Figura 1 - Localização do setor leste no município de Descalvado/SP



Fonte: Os autores, 2025.

Esses remanescentes vegetais, ainda que por vezes não protegidos legalmente, exercem funções ecológicas fundamentais, como a regulação térmica, a infiltração de água, a contenção de encostas e a manutenção de corredores ecológicos (Liu et al., 2023). No setor Leste, parte desses fragmentos foi mapeada e avaliada, revelando-se como elementos estruturantes da qualidade ambiental local.

Além de suas características naturais, a formação do território de Descalvado/SP está ligada ao processo de ocupação do interior paulista no século XIX, marcado pela expansão cafeeira e posterior diversificação agrícola (Câmara Municipal de Descalvado, 2024; Livro *Conheça Descalvado*, s.d). Sua economia é predominantemente baseada na agropecuária, com destaque para cana-de-açúcar, citros e pecuária leiteira e na indústria alimentícia, notadamente a produção de ração animal (Câmara Municipal de Descalvado, 2024; Livro *Conheça Descalvado*, s.d). Essas atividades, associadas à malha urbana em expansão, condicionam a organização do território e influenciam diretamente o uso e a cobertura da terra, reforçando a necessidade de análises que articulem fatores físicos, socioeconômicos e históricos para compreender a qualidade ambiental local.

Análise integrada dos aspectos naturais e sociais no tempo e espaço (Geográfica)

Essa pesquisa adota como método a análise integrada dos aspectos sociais e naturais no tempo e espaço (Venturi, 2014). Tal abordagem considera a paisagem como resultado da interação entre os elementos naturais e sociais ao longo do tempo, permitindo compreender os processos ecológicos e antrópicos que configuram o território. Assim, a análise da qualidade ambiental não se limita à identificação de fragmentos isolados, mas à leitura funcional e sistêmica da paisagem urbana.

A base metodológica da análise foi a proposta de Valaski (2013), que se destaca pela classificação detalhada da cobertura do solo urbano. Na metodologia original, a autora elaborou uma legenda baseada na permeabilidade e tipo de cobertura dos lotes, como construções com ou sem vegetação, terrenos baldios,

fragmentos vegetais, áreas recreativas e dimensão horizontal e vertical das edificações, permitindo avaliar o grau de artificialização da paisagem e sua relação com a qualidade ambiental urbana. Esta pesquisa adotou essa lógica classificatória, aplicando-a à realidade de Descalvado.

A área de estudo corresponde ao setor leste do município de Descalvado (SP), em que se observam diferentes formas de ocupação e cobertura do solo. Para mapear essas estruturas, foi utilizado o software QGIS, com base na interpretação visual de imagens de alta resolução espacial e levantamento de campo.

Cada unidade territorial, correspondente a um lote urbano, foi vetorizada manualmente e classificada de acordo com sua função predominante no espaço, como uso residencial, institucional, comercial, recreativo, religioso ou misto, bem como pelo modo como essa função se manifesta fisicamente, considerando aspectos como grau de impermeabilização, presença de vegetação e estágio de ocupação. Essa abordagem difere da proposta de Valaski (2013), que se fundamenta na análise da cobertura da terra, ao priorizar a dimensão funcional e socioespacial do território urbano, mais próxima da lógica de organização dos instrumentos de planejamento, como o Plano Diretor Municipal.

As unidades mapeadas foram organizadas em 19 classes temáticas interpretativas, representadas por códigos e descrições técnicas que expressam seu papel ecológico, grau de artificialização e potencial de prestação de serviços ambientais. A tabela 1 apresenta a lógica de atribuição dos valores do Índice de Qualidade Ambiental (IQA), em uma escala de 0 (baixa qualidade) a 1 (alta qualidade):

Tabela 1 - Classificação dos lotes

Classe	Sigla	IQA	Justificativa	Dinâmica
Fragmento Florestal Contínuo	FFC	1,00	Alta complexidade ecológica, cobertura vegetal contínua, máxima capacidade de infiltração e proteção morfodinâmica. Apresenta nível de impermeabilização muito baixo, típico de áreas florestadas com solo permeável e dossel arbóreo fechado, assegurando a integridade dos fluxos hídricos e biogeoquímicos. Classe de referência para qualidade ambiental ideal.	Ciclos biogeoquímicos em biostasia; promove interceptação da chuva, infiltração e recarga hídrica; mantém a estabilidade morfodinâmica e estrutura para fauna e flora. Funciona como área de regulação térmica e conectividade ecológica, com elevada resiliência paisagística.
Área recreativa - pesqueiro	ARPESQ	0,95	Possui cobertura vegetal significativa e presença de lagoas, que contribuem para o equilíbrio microclimático, retenção de água e regulação do escoamento superficial. As funções ecológicas são favorecidas pela permeabilidade e heterogeneidade da paisagem. Apresenta nível de impermeabilização baixo, dada a	Atua como regulador térmico local, com cobertura vegetal que favorece a resiliência paisagística. As lagoas e os remanescentes isolados de vegetação atuam como receptores que armazenam água e reduzem o escoamento superficial. Há manutenção parcial de ciclos ecológicos e

Classe	Sigla	IQA	Justificativa	Dinâmica
Praça arborizada	PRAC-ARB	0,80	predominância de superfícies vegetadas e lâminas d'água Espaço público com vegetação significativa, favorecendo múltiplos processos ecológicos, infiltração e estabilidade do solo. Apresenta nível de impermeabilização baixo a médio, devido à presença de pisos pavimentados intercalados com gramíneas e árvores, reduz impactos da urbanização.	apoio à biodiversidade. Promove a regulação microclimática por meio da arborização urbana e da evapotranspiração. Apresenta infiltração parcial e diminuição do escoamento. Garante conectividade ecológica localizada, refúgio de avifauna urbana, além de funcionar como amenizador da temperatura urbana. Sua função é limitada à escala do bairro, mas relevante na malha urbana densa.
Igreja com praça arborizada	IG-PRAC	0,75	Associa o uso institucional a área verde pública, promovendo infiltração, sombreamento e conectividade de fauna urbana. Apresenta nível de impermeabilização médio, pois mescla áreas edificadas com porções permeáveis vegetadas. Boa contribuição ecológica.	A vegetação arbórea promove sombreamento, evapotranspiração e interceptação da água da chuva, com infiltração parcial e retenção do escoamento. Conectividade ecológica significativa para avifauna urbana.
Residência de 1 pav. com jardim grande	R1P-JG	0,60	Quintais amplos vegetados favorecem a infiltração da água, a biodiversidade urbana e os processos ecológicos, atenuando o impacto da impermeabilização. Apresenta nível de impermeabilização médio, com cobertura construída e solo permeável em equilíbrio.	O quintal ou jardim vegetado permite infiltração significativa da água da chuva, reduzindo o escoamento e favorecendo a recarga hídrica do solo. Há regulação térmica local, oferta de micro-habitat para pequenos animais e insetos, e manutenção parcial de fluxos biogeoquímicos.
Instituição de ensino	INST-EDU	0,60	Associada a pátios e áreas gramadas, possibilita infiltração e regulação térmica. Apresenta nível de impermeabilização médio, com alternância	A presença de áreas permeáveis favorece a infiltração da água da chuva, reduzindo a velocidade do escoamento superficial. A

Classe	Sigla	IQA	Justificativa	Dinâmica
Chácara	CHA	0,60	entre superfícies pavimentadas e gramíneas. Contribui com certo nível de conectividade ecológica. Uso extensivo, com baixa densidade de ocupação, vegetação presente e solo parcialmente exposto. Contribui com funções ambientais, embora sujeita a degradação pontual. Apresenta nível de impermeabilização médio a baixo, com solo parcialmente exposto e cobertura vegetal intermitente.	arborização contribui para o sombreamento e controle térmico, promovendo conforto ambiental e evapotranspiração. Dinâmica ruralizada dentro do perímetro urbano, com fragmentos de vegetação que favorecem infiltração, retenção de umidade e controle parcial da erosão. As áreas vegetadas permitem certa continuidade dos fluxos de água e nutrientes Caracteriza-se por uma dinâmica ecológica espontânea, com regeneração vegetal em estágio inicial ou intermediário. A presença de árvores permite interceptação da água da chuva, redução da temperatura superficial, maior infiltração e retenção de matéria orgânica no solo. Há suporte a fauna urbana adaptada, incluindo polinizadores, aves e pequenos mamíferos.
Terreno baldio com vegetação arbórea	TB-VA	0,50	Lotes ociosos, com presença de árvores. Apresentam nível de impermeabilização médio a baixo, conforme estágio de regeneração vegetal e cobertura arbórea. Contribuem para retenção de água, sombra e habitat, embora estejam sujeitos à degradação.	Favorece infiltração e retenção hídrica, com cobertura vegetal que contribui para a estabilidade do solo e abrigo pontual da fauna. Atua como espaço de regeneração espontânea com funções ecológicas intermediárias.
Terreno baldio com vegetação arbórea/arbustiva	TB-VAA	0,50	Vegetação diversificada amplia a capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos em áreas ociosas. Apresenta nível de impermeabilização médio a baixo, permitindo boa infiltração e estabilidade superficial. A estrutura mais complexa favorece a infiltração e biodiversidade.	
Residência de 1 pav. com jardim médio	R1P-JM	0,40	A área vegetada moderada contribui parcialmente para a	Permite infiltração parcial da água da chuva e contribui

Classe	Sigla	IQA	Justificativa	Dinâmica
			infiltração e regulação térmica local, embora ainda haja pressão morfodinâmica em função da urbanização. Apresenta nível de impermeabilização médio a alto, com predomínio de áreas construídas e menor proporção de solo permeável.	modestamente para o equilíbrio térmico. Oferece baixa conectividade ecológica e suporte limitado à biodiversidade urbana.
Jardim de rua	J-RUA	0,30	Vegetação linear em calçadas ou avenidas oferece benefícios limitados, mas importantes: sombreamento, infiltração pontual e corredor ecológico reduzido. Apresenta nível de impermeabilização alto, com vegetação restrita a canteiros e calçadas.	Composto majoritariamente por gramíneas em canteiros centrais, apresenta infiltração superficial limitada e baixo suporte ecológico. Atua como elemento de permeabilidade mínima, com pouca relevância para conectividade ou microclima urbano. Apresenta infiltração reduzida e regulação
Residência de 1 pav. com jardim pequeno	R1P-JP	0,30	Apresenta pequena área vegetada, o que limita os processos ecológicos e a infiltração hídrica. O predomínio de áreas impermeáveis favorece o escoamento superficial.	térmica pontual. A vegetação é insuficiente para manter as funções ecológicas relevantes, oferecendo baixa contribuição aos fluxos ambientais locais.
Área comercial / barracão / uso misto	COM-MIX	0,30	Embora a ocupação seja intensa, há certa permeabilidade e vegetação esparsa, o que ameniza parcialmente os efeitos ambientais negativos. Mesmo assim, apresenta nível de impermeabilização alto, o que limita os processos de infiltração.	Predomina a impermeabilização, mas pode haver pequenas áreas abertas ou não edificadas que permitem infiltração parcial. Contribuição ambiental restrita, com baixa conectividade e regulação térmica localizada.
Terreno baldio com gramínea	TB-G	0,30	Vegetação rasteira contribui com certa infiltração e controle superficial, mas é frágil quanto à estabilidade morfodinâmica e à conectividade ecológica. Apresenta nível de	Permite alguma infiltração e cobertura superficial do solo, mas com baixa diversidade vegetal e pouca capacidade de retenção hídrica ou suporte à fauna.

Classe	Sigla	IQA	Justificativa	Dinâmica
Área de aspecto comercial sem jardim	COM-SJ	0,25	impermeabilização médio a alto, conforme o grau de compactação do solo. A impermeabilidade é predominante, com baixa ou nenhuma vegetação, resultando em impacto negativo sobre a infiltração e aumento do escoamento superficial.	Totalmente impermeabilizada, sem vegetação ou função ecológica significativa. Contribui para aumento do escoamento superficial, elevação térmica local e fragmentação da paisagem urbana.
Residência em construção	R-CONS	0,20	Área em transição, com exposição de solo e perturbação do ambiente. Alta suscetibilidade à erosão e fraca contribuição ecológica no momento do levantamento. O grau de impermeabilidade varia de acordo com o estágio de construção e de compactação do solo.	Solo parcialmente exposto e compactado, com baixa infiltração e ausência de cobertura vegetal. Contribui para instabilidade superficial e início de processos erosivos em áreas inclinadas.
Cemitério	CEM	0,15	Uso institucional com vegetação esparsa e alta proporção de superfícies seladas, dificultando a infiltração e contribuindo pouco com os processos ecológicos.	Área majoritariamente impermeabilizada, com vegetação escassa e isolada, sem conectividade ecológica. Apresenta alto escoamento superficial, baixa infiltração e quase nenhuma contribuição aos processos ecológicos urbanos.
Terreno baldio com solo exposto	TB-SE	0,15	Ausência de cobertura vegetal torna a área vulnerável à erosão, escoamento superficial intenso e perda de qualidade ambiental.	Apresenta solo desnudo e compactado, sem cobertura vegetal. Contribui para aumento do escoamento superficial e risco de erosão, com ausência total de função ecológica.
Residência de 1 pav. sem jardim	R1P-SJ	0,05	Totalmente impermeabilizada, sem vegetação, gera intensa escorrência superficial e não contribui com funções ecológicas. Alta	Área totalmente impermeabilizada, sem vegetação e com solo coberto por calçamento. Apresenta

Classe	Sigla	IQA	Justificativa	Dinâmica
			vulnerabilidade morfolodinâmica urbana.	escoamento superficial máximo, ausência de infiltração e nenhuma contribuição para os processos ecológicos urbanos.

Fonte: (Liu et al., 2023; Cai et al., 2024; Sarfo et al., 2023; Juntti et al., 2021; Yang et al., 2023; Sieber et al., 2021; Rendon et al., 2022; Peng et al., 2023). Elaborado pelos autores, 2025.

A proposta é construir um sistema de pontuação de qualidade ambiental urbana variando de 0 (qualidade ambiental nula) a 1 (qualidade ambiental ideal). Esse sistema se baseia em aspectos funcionais da paisagem urbana e em processos ecológicos associados a cada classe de cobertura do solo. Os critérios considerados são:

- Cobertura vegetal e sua capacidade de regulação microclimática (Sarfo et al., 2023)
- Infiltração de água e recarga do solo (Ferreira et al., 2023);
- Nível de impermeabilização (Ortiz-Baez., 2021; Ferreira et al., 2023);
- Conectividade ecológica (Sieber et al., 2021; Rendon et al., 2022);
- Presença ou ausência de fauna e flora (Simons et al., 2022);
- Potencial de emissão ou retenção de poluentes atmosféricos e hídricos (Cai et al., 2024; Yang et al., 2023);
- Resiliência paisagística (Juntti et al., 2021; Liu et al., 2022);
- Serviços ecossistêmicos prestados (Li et al., 2023; Silva et al., 2017)

O valor 1 representa a situação ideal, exemplificada pelo Fragmento Florestal Contínuo (FFC), pois oferece as condições ecológicas mais completas e eficientes, incluindo regulação microclimática, infiltração hídrica, alta conectividade ecológica, resiliência, suporte à biodiversidade e interceptação eficiente de poluentes (Simons et al., 2022). Embora o modelo atribua ao Fragmento Florestal Contínuo (FFC) o valor máximo de qualidade ambiental, é importante reconhecer que essa atribuição envolve uma generalização funcional inerente à escala de análise adotada.

A efetividade de funções como suporte à biodiversidade e mitigação da poluição atmosférica depende de fatores não contemplados na presente classificação, como a origem do fragmento (primário, secundário ou resultante de reflorestamento), a composição florística (presença de espécies nativas ou exóticas) e o estágio sucessional.

Da mesma forma, a eficiência das árvores na interceptação de poluentes e na melhoria da qualidade do ar, amplamente discutida na literatura, pode variar consideravelmente conforme a estrutura da vegetação, a densidade de copa e as condições microclimáticas locais (Sarfo et al., 2023). Assim, o IQA atribuído ao FFC deve ser interpretado como uma referência teórica para condições ideais, e não como um diagnóstico detalhado da qualidade ambiental de um fragmento específico.

Em contrapartida, valores próximos a 0 representam áreas com pouca ou nenhuma função ecológica, como áreas densamente impermeabilizadas ou solo exposto, que aumentam a temperatura urbana, intensificam o escoamento superficial, reduzem a biodiversidade e ampliam a vulnerabilidade a degradações físicas e ambientais (Simons et al., 2022). Cada classe foi quantificada em hectares e em percentuais, com base nos dados extraídos da tabela de atributos do QGIS e tratados em planilha eletrônica.

Para calcular o Índice de Qualidade Ambiental (IQA) final da área de estudo, foi utilizada a média ponderada, considerando a área ocupada por cada classe e seu respectivo valor de qualidade ambiental. A equação utilizada foi:

$$IQA \text{ final} = (\sum (A_i \times V_i)) / \sum A_i \quad (1)$$

Onde:

- A_i representa a área da classe i ;
- V_i representa o valor atribuído à qualidade ambiental da classe i ;
- $\Sigma (A_i \times V_i)$ é a soma dos produtos entre área e valor;
- ΣA_i é a soma total das áreas classificadas.

Procedimentos metodológicos

A avaliação da qualidade ambiental no setor Leste de Descalvado foi realizada a partir do mapeamento lote a lote do referente ao uso do solo, com base em imagens de satélite de alta resolução disponibilizadas pelo Google Earth (via QGIS), referentes ao ano de 2023. As imagens apresentam resolução espacial aproximada de 0,5 m, suficiente para a identificação precisa de padrões de uso e ocupação urbana. Esse mapeamento buscou representar com precisão a malha urbana e seus vazios territoriais, captando a diversidade de usos que coexistem no espaço urbano, como residências, áreas institucionais, espaços comerciais, terrenos baldios, áreas vegetadas e zonas de lazer.

Para a vetorização, foi utilizada a plataforma QGIS, com vetorização manual dos limites de cada lote urbano, observando os padrões morfológicos e funcionais de cada unidade espacial. A classificação considerou os seguintes critérios observáveis e funcionais: (i) tipo de edificação (residencial térrea, comércio, uso institucional, barracão ou chácara); (ii) presença ou ausência de vegetação; (iii) porte da vegetação presente (gramínea, arbustiva, arbórea ou vegetação mista); (iv) grau de impermeabilização da superfície (total, parcial ou permeável); (v) estado de ocupação (lote edificado, em construção, vazio ou abandonado); (vi) função urbana predominante (habitação, comércio, serviço, lazer, culto religioso, educação, entre outros usos específicos); e (vii) existência de equipamentos urbanos associados, como praças, jardins públicos, áreas de lazer ou estacionamentos.

Embora a metodologia proposta por Valaski (2013) utilize como base a cobertura da terra, com foco em atributos biofísicos visíveis, como vegetação, corpos d'água, superfícies edificadas ou solo exposto, nessa pesquisa optou-se por uma adaptação centrada no uso do solo, considerando-se que os instrumentos de planejamento urbano, especialmente o Plano Diretor Municipal, organizam o território a partir de funções urbanas e categorias de uso. Essa escolha metodológica visa fortalecer a aplicabilidade dos resultados no contexto municipal, aproximando a linguagem técnica da linguagem normativa dos planos territoriais.

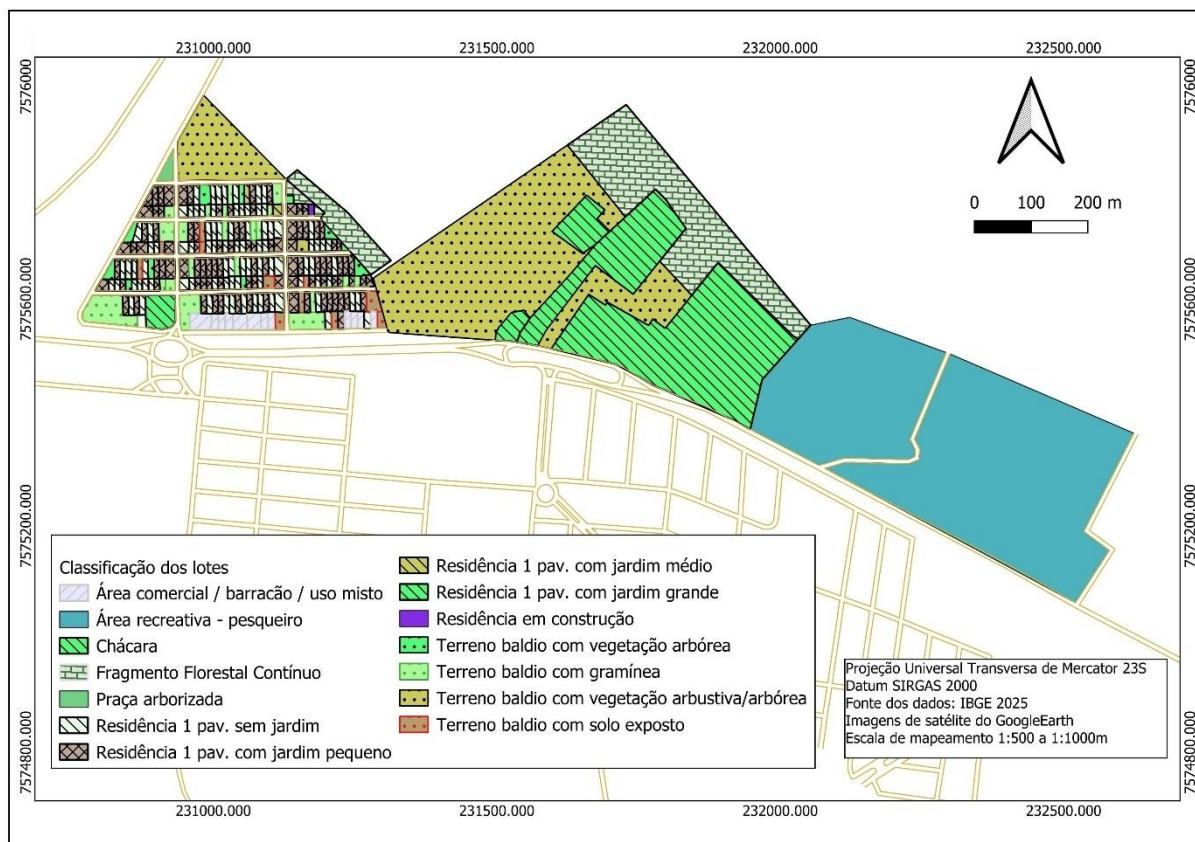
A distinção entre uso do solo e cobertura da terra é metodologicamente importante. De acordo com Nucci et al., (2019) enquanto a cobertura refere-se àquilo que está fisicamente presente na superfície (ex.: gramíneas, telhados, asfalto), o uso diz respeito à função exercida por aquela área no contexto urbano (ex.: residência, escola, praça, comércio). Ao optar pela análise do uso do solo, a pesquisa procurou capturar os efeitos ambientais das práticas sociais no território, o que permite uma aproximação crítica à lógica de ocupação urbana e à forma como o planejamento regula ou não tais práticas.

Após a classificação dos lotes e a atribuição dos valores de IQA a cada classe, conforme critérios discutidos na seção anterior, realizou-se a análise quantitativa por meio da média ponderada, com o intuito de obter o índice geral de qualidade ambiental do setor. Essa abordagem permitiu identificar as classes de uso com maior peso no território e compreender como elas influenciam positiva ou negativamente os processos ecológicos urbanos. O setor leste foi dividido em um e dois para melhorar a visualização das classes mapeadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da distribuição das classes de uso do solo revelou uma paisagem urbana heterogênea, marcada pela coexistência de áreas com elevado desempenho ambiental e porções com baixa qualidade ecológica (Figura 2). Com base nos valores atribuídos ao Índice de Qualidade Ambiental (IQA), as dezenove classes mapeadas foram organizadas em três faixas: alta qualidade ambiental ($IQA \geq 0,60$), média qualidade ($0,30 \leq IQA < 0,60$) e baixa qualidade ($IQA < 0,30$). Essa categorização permitiu uma leitura mais precisa do papel que cada uso exerce na manutenção ou degradação dos processos ecológicos urbanos.

Figura 2 - Classificação lote a lote da divisão um do setor leste



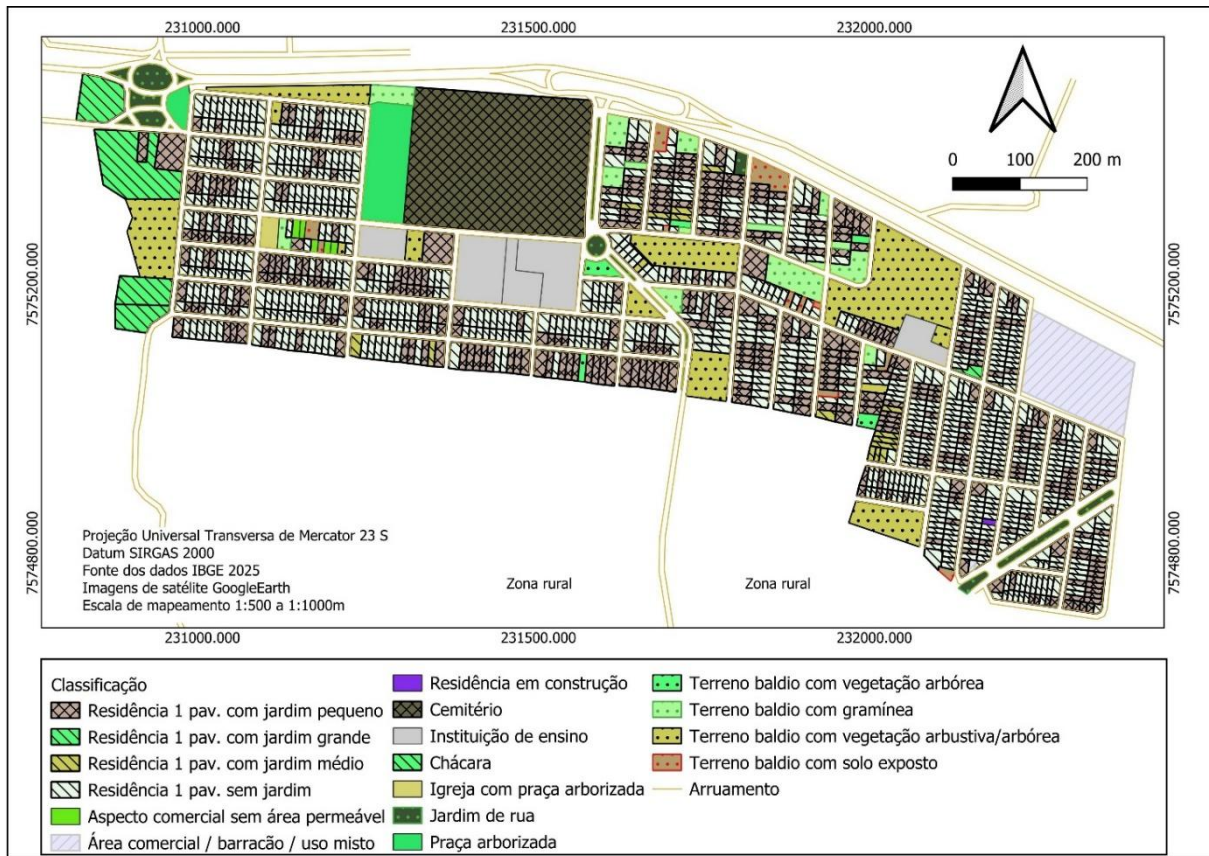
Fonte: Autores (2025).

As classes de alta qualidade ambiental representam usos do solo com maior cobertura vegetal, permeabilidade e presença de funções ecológicas consolidadas. Destacam-se os fragmentos florestais contínuos (FFC), com IQA 1,00, que ocupam 8,32% da área e constituem os principais núcleos de vegetação nativa preservada do setor. As áreas recreativas do tipo pesqueiro (ARPESQ), com IQA 0,95 e 17,35% de cobertura, também se destacam por sua vegetação densa associada a corpos d'água.

Outras classes com desempenho ambiental elevado incluem as praças arborizadas (PRAC-ARB), igrejas com praças (IG-PRAC), instituições de ensino (INST-EDU), chácaras (CHA) e residências com jardim grande (R1P-JG), todas com IQA $\geq 0,60$. Apesar de sua importância ecológica, essas classes ainda ocupam proporção relativamente limitada da área total.

Nas faixas de média qualidade ambiental, inserem-se usos com alguma presença vegetal ou permeabilidade, mas ainda sob forte pressão urbana (Figura 3). É o caso das residências com jardim médio (R1P-JM), dos terrenos baldios com vegetação arbórea, que embora apresentem registros como imóvel rural no Cadastro Ambiental Rural (CAR), estão inseridas em zonas de transição entre o urbano e o rural, definidas pelo Plano Diretor Municipal como Zona Industrial Mista e Zona Especial de Interesse Social (ZEIS). No macrozoneamento, a área integra a Macrozona de Transição, o que explica sua configuração híbrida (Descalvado, 2015) ou arbustiva-arbórea (TB-VAA), e das áreas comerciais com permeabilidade parcial (COM-MIX).

Figura 3 - Classificação lote a lote da divisão dois do setor leste.



Fonte: Os autores, 2025.

Essas classes contribuem parcialmente com a infiltração de água, sombra e conectividade ecológica, mas sua efetividade depende do manejo e da estabilidade no tempo. Embora não tenham o mesmo peso ecológico que os fragmentos florestais, sua presença em áreas urbanizadas pode funcionar como importantes zonas-tampão ou corredores ambientais. Adorno et al., (2024) identificaram que as Zonas de Proteção Permanente de nascentes em Descalvado estão inseridas em áreas de expansão urbana, evidenciando o conflito entre proteção ambiental e uso do solo urbano. De modo coerente, as APPs de cursos d'água e nascentes, conforme também apontado por esses autores, mantêm faixas contínuas de vegetação arbórea e arbustiva em zonas de transição entre o urbano e rural, reforçando seu papel como elos de conectividade na paisagem.

As classes de baixa qualidade ambiental dominam boa parte da paisagem urbana, especialmente em áreas residenciais e comerciais consolidadas. As residências de 1 pavimento sem jardim (R1P-SJ), com IQA 0,05 e responsáveis por quase 20% da área, constituem o uso de maior impacto negativo sobre a qualidade ambiental do setor, por apresentarem impermeabilização total e ausência de vegetação. Além disso, se destacam negativamente os terrenos baldios com solo exposto (TB-SE), os cemitérios (CEM) e as áreas comerciais sem permeabilidade (COM-SJ), que somam, juntas, aproximadamente 7% do território.

Essa distribuição revela uma lógica de ocupação urbana pautada majoritariamente pela impermeabilização do solo e pela pouca incorporação de critérios ecológicos no parcelamento do solo urbano. Mesmo onde há vegetação, ela tende a ser descontínua, isolada ou informal, o que limita sua funcionalidade ecológica em larga escala.

A análise quantitativa das classes de uso do solo, expressa em metros quadrados e porcentagem da área total do setor Leste (Tabela 2), permite compreender a magnitude territorial de cada categoria e seu respectivo peso na configuração ambiental da paisagem urbana. Ao relacionar a extensão das classes com seus valores de IQA, torna-se possível avaliar de forma mais precisa quais usos predominam na malha urbana e em que medida contribuem ou comprometem a qualidade ambiental local.

Tabela 2 - Espacialização e porcentagem de cada classe do setor leste.

Classe	Área (m ²)	IQA	%
Residência de 1 pav. com jardim pequeno	148693,4	0,30	14,77
Residência de 1 pav. com jardim grande	8838,137	0,60	0,88
Residência de 1 pav. com jardim médio	5648,86	0,40	0,56
Residência de 1 pav. sem jardim	200419,48	0,05	19,90
Área de aspecto comercial sem jardim/área permeável	6977,18	0,25	0,69
Área comercial / barracão / uso misto	19009,46	0,30	1,89
Residência em construção	374,93	0,20	0,04
Cemitério	54807,38	0,15	5,44
Instituição de ensino	24800,4	0,60	2,46
Chácara	22201,51	0,60	2,20
Fragmento Florestal Contínuo	83758,402	1,00	8,32
Igreja com praça arborizada	1172,3	0,60	0,12
Jardim de rua	9220,4	0,30	0,92
Praça arborizada	13663,89	0,80	1,36
Terreno baldio com vegetação arbórea	6584,52	0,50	0,65
Terreno baldio com gramínea	28597,2	0,30	2,84
Terreno baldio com vegetação arbórea/arbustiva	188488,571	0,50	18,72
Terreno baldio com solo exposto	9024,98	0,15	0,90
Área recreativa - pesqueiro	174700,986	0,95	17,35
Total	1006981,986		100

Fonte: Os autores, 2025.

Os dados demonstram que a classe de maior expressão territorial é a das residências de 1 pavimento sem jardim (R1P-SJ), que ocupa 200.419,48 m², equivalente a 19,90% do setor. Essa categoria, caracterizada por alta impermeabilização e ausência de cobertura vegetal, apresenta um IQA de apenas 0,05, representando, portanto, a principal responsável pela baixa qualidade ambiental em porções significativas da malha urbana. Na sequência, destaca-se a classe terreno baldio com vegetação arbórea/arbustiva (TB-VAA), com 188.488,57 m² (18,72%), que, embora tenha um IQA intermediário (0,50), exerce um papel relevante como reserva de permeabilidade e espaço potencial para serviços ecossistêmicos urbanos.

Há um estoque de áreas para desenvolvimento/adensamento urbano que eventualmente poderá diminuir o IQA geral da área analisada. Como reserva de permeabilidade, é importante considerar que talvez o código de obras do município permita que os proprietários reduzam a área impermeável dos lotes caso venham a construir. Isso já traz um cenário preocupante, por ser quase 19%, que merece atenção quanto às políticas públicas.

A área recreativa do tipo pesqueiro (ARPESQ) surge como a terceira maior classe em extensão, ocupando 174.700,99 m² (17,35%), com um alto valor de IQA (0,95). Essa categoria funciona como um importante núcleo ecológico e paisagístico, combinando vegetação densa, corpos d'água e áreas de lazer com significativa função ambiental. Já os fragmentos florestais contínuos (FFC), embora com IQA máximo (1,00), ocupam 8,32% da área total, configurando-se como manchas de conservação relevantes, porém insuficientes para equilibrar os impactos do uso intensivo do solo urbano.

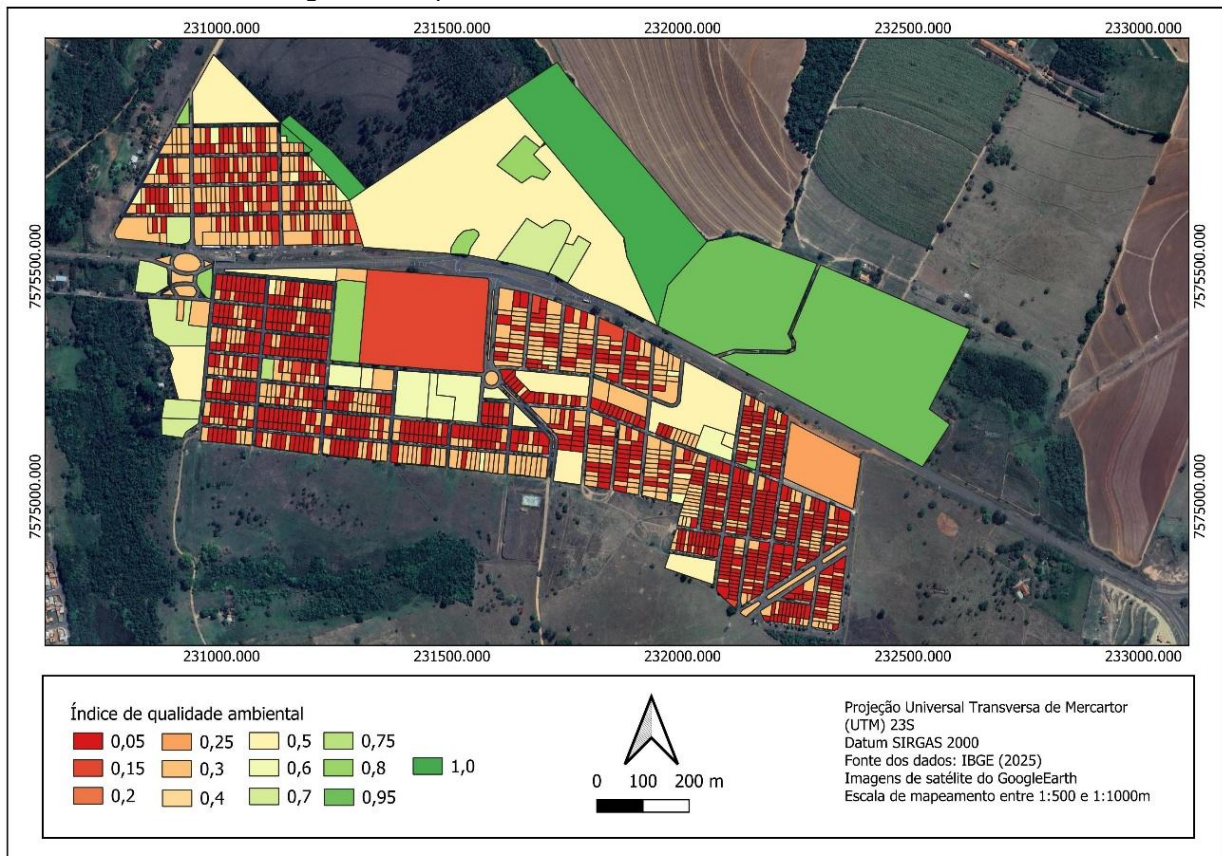
Outras classes expressivas em termos quantitativos incluem as residências com jardim pequeno (R1P-JP), com 14,77%, e os terrenos baldios com gramínea (TB-G), com 2,84%. Ambas apresentam valores de IQA baixos ou intermediários (0,30), revelando sua limitada contribuição ambiental. As classes institucionais e de lazer, como praças arborizadas (1,36%), instituições de ensino (2,46%) e igrejas com praças (0,12%), têm presença mais modesta, embora com valores de IQA relativamente altos, o que evidencia sua importância estratégica mesmo com pequena ocupação territorial.

No conjunto, nota-se que a maior parte do setor Leste é ocupada por classes com baixa ou média qualidade ambiental, tanto em número de lotes quanto em extensão territorial. As classes de alta qualidade, ainda que ambientalmente significativas, estão territorialmente fragmentadas e distribuídas de forma descontínua, o que limita sua capacidade de estruturar corredores ecológicos e amenizar os efeitos da urbanização

acelerada. A fragmentação dos serviços ecossistêmicos e, conseqüentemente, do IQA pode servir de orientação para um ordenamento do território e regras para uso e ocupação como parte do plano diretor.

Com base na metodologia apresentada, foi realizado o cálculo da média ponderada do Índice de Qualidade Ambiental (IQA) para o setor Leste de Descalvado, considerando-se o valor atribuído a cada classe de uso do solo e sua respectiva área ocupada (em m²). O resultado obtido foi um IQA médio de 0,47, o que indica uma qualidade ambiental intermediária na escala utilizada, que varia de 0 a 1 (Figura 4). É importante destacar que essa média considera somente a área analisada (urbana), sem acrescentar o perímetro periurbano, que é majoritariamente agrícola.

Figura 4 - Mapa do IQA do setor leste de Descalvado/SP



Fonte: Os autores, 2025.

Esse valor reflete a presença simultânea de usos urbanos com baixa contribuição ecológica, como as residências sem jardim (19,90% da área), áreas comerciais impermeáveis e terrenos com solo exposto, e de áreas ambientalmente qualificadas (Santos et al., 2017), como fragmentos florestais (8,32%), áreas recreativas com vegetação e lagoas (17,35%) e terrenos baldios com vegetação arbórea-arbustiva (18,72%). De acordo com o Plano Diretor Municipal de Descalvado (Lei nº 4.301, de 22 de junho de 2016), não há diretriz explícita sobre a manutenção de taxas mínimas de permeabilidade nos lotes urbanos, o que contribui para a expansão de áreas impermeabilizadas e a fragmentação dos espaços vegetados.

As diferenças entre as tipologias de vegetação revelam implicações diretas sobre o funcionamento ambiental urbano (Holanda et al., 2019; Simons et al., 2022). Áreas com arborização planejada, como parques, praças e jardins privados, contribuem para a regulação microclimática, a redução da temperatura superficial e a mitigação das ilhas de calor, ao mesmo tempo em que favorecem o conforto térmico e o uso social dos espaços (Simons et al., 2022; Sieber et al., 2021). Por outro lado, a vegetação espontânea presente em terrenos baldios e áreas não institucionalizadas exerce papel relevante na infiltração de água, na retenção de umidade e na manutenção de conectividade ecológica, mesmo quando desprovida de manejo formal (Li et al., 2023).

Contudo, sua permanência depende de estratégias de manejo adequadas, que conciliem os benefícios ecológicos com a segurança e a salubridade urbana, evitando a proliferação de vetores e o acúmulo de resíduos. Essa distinção evidencia que o planejamento da arborização urbana deve considerar não apenas aspectos estéticos, mas também os serviços ecossistêmicos associados às diferentes formas de vegetação, reforçando a necessidade de integrar o diagnóstico de qualidade ambiental às políticas de infraestrutura verde e ao planejamento urbano sustentável.

Embora a presença de fragmentos e áreas verdes contribua significativamente para elevar o IQA do setor, o peso territorial de usos densamente impermeabilizados e ecologicamente pobres, somado à fragmentação das áreas vegetadas, limita o desempenho ambiental geral. Em outras palavras, a qualidade ambiental do setor encontra-se em uma condição de equilíbrio instável, na qual as porções vegetadas atuam como núcleos de compensação ecológica, reduzindo parcialmente os efeitos da impermeabilização e do adensamento urbano.

Essa dinâmica reflete o que Norton et al., (2016) descrevem como mosaico urbano de resiliência limitada, onde os fragmentos vegetados mantêm fluxos ecológicos essenciais, mas não em escala suficiente para restabelecer o equilíbrio sistêmico. Além disso, o IQA médio de 0,47 revela um quadro geral com a tendência à degradação caso não sejam implementadas políticas públicas voltadas à preservação e ampliação das áreas permeáveis e vegetadas. A falta de articulação entre o uso do solo e conservação da vegetação, especialmente em áreas de expansão urbana, se expressa na alta proporção de lotes residenciais impermeabilizados e no uso subaproveitado de terrenos baldios. O valor obtido também evidencia o potencial de melhoria da qualidade ambiental do setor a partir da valorização e integração das áreas verdes existentes, bem como da incorporação de princípios ecológicos no ordenamento territorial.

Implicações para o planejamento urbano e o plano diretor

Outro condicionante importante diz respeito à expansão urbana recente em áreas de novos loteamentos, frequentemente marcados por parcelamento intensivo, ausência de infraestrutura verde e ocupação ainda em estágio inicial. Essa condição é evidenciada no mapeamento pelos terrenos baldios, tanto com solo exposto quanto com presença de cobertura herbácea (gramínea). Embora essas áreas estejam, em princípio, desocupadas, sua função ecológica varia conforme o estado da cobertura e o manejo a que são submetidas (Forman, 2014).

A distinção entre terreno baldio com solo exposto e aquele com cobertura gramínea guarda relação direta com aspectos edafoclimáticos e sociofuncionais (Forman, 2014). Em primeiro lugar, os solos da região de Descalvado, compostos majoritariamente por latossolos roxos de elevada fertilidade e textura argilosa, favorecem o crescimento extremamente rápido de vegetação herbácea espontânea, especialmente após o período chuvoso (Descalvado, 2015, p. 41–44; EMBRAPA, 2025). Assim, muitos dos terrenos classificados como gramínea não são manejados ou semeados intencionalmente, mas resultam da própria dinâmica de crescimento espontâneo favorecida pelas características físico-químicas do solo local (EMBRAPA, 2025).

Em contrapartida, observa-se também uma parcela significativa de lotes onde a vegetação foi intencionalmente removida, restando apenas o solo exposto. Essa prática, muitas vezes motivada por exigências legais de manutenção dos terrenos “limpos” ou por interesses comerciais, resulta na remoção sistemática da cobertura vegetal espontânea. Esse tipo de manejo, ao eliminar a vegetação e submeter o solo à compactação e exposição solar direta, compromete não apenas sua qualidade estrutural, mas também sua função ecológica mínima no espaço urbano (Peng et al., 2023). Essa condição traduz a ausência de diretrizes ambientais no ordenamento municipal, que, segundo o próprio Plano Diretor, “carece de instrumentos complementares para disciplinar o parcelamento, uso e ocupação do solo urbano e rural” (Descalvado, 2015, p. 109).

Nesse sentido, a presença de terrenos baldios não pode ser interpretada de forma homogênea. Embora ocupem quase 23% da área do setor (considerando-se as classes com gramínea, vegetação arbórea/arbustiva e solo exposto), sua qualidade ambiental varia substancialmente conforme a cobertura presente, o grau de perturbação e a continuidade espacial com outras áreas vegetadas (Lingye et al., 2024). Os terrenos com gramínea, embora de vegetação esparsa e instável, ainda contribuem para a infiltração hídrica e atuam como zonas de respiro térmico (Mahmoudzadeh et al., 2024). Já os terrenos com solo exposto representam focos de degradação, erosão superficial e impermeabilização funcional, mesmo sem a presença de construções.

A expansão por meio de novos loteamentos, revelada no mapa por áreas com padrão de parcelamento regular e baixa densidade construtiva, é, portanto, um dos principais vetores de transformação da paisagem

urbana. A ausência de diretrizes ambientais específicas para essas áreas em processo de consolidação permite que se reproduza o modelo de urbanização impermeável, comprometendo a capacidade de regeneração ecológica da cidade e ampliando a fragmentação da cobertura vegetal (An et al., 2024). Conforme o próprio Plano Diretor municipal (2015), p.49:

A vegetação nativa presente em Descalvado ocupava, em 2005, 7.660 ha, ou 10,3% de área total do município. As categorias de cobertura vegetal mais presentes no município são a capoeira (3.391,65 ha), o cerradão (1.750,52 ha), a vegetação de várzea (1.014,08 ha), o cerrado (942,33 ha) e a mata (519,00 ha).

Os resultados obtidos a partir do mapeamento detalhado do uso do solo, da atribuição dos valores de qualidade ambiental e do cálculo do IQA médio do setor Leste evidenciam fragilidades estruturais na forma como o território urbano tem sido planejado, ocupado e normatizado em Descalvado/SP. A predominância de áreas impermeáveis, a fragmentação da vegetação e a expansão urbana pouco controlada indicam descompassos entre as dinâmicas territoriais em curso e os instrumentos de ordenamento urbano existentes.

O Plano Diretor Municipal (2015), embora formalmente vigente, não dispõe de critérios operacionais para a avaliação da qualidade ambiental intraurbana, tampouco reconhece a importância das áreas vegetadas não institucionalizadas, como os terrenos baldios com vegetação espontânea, para o equilíbrio ecológico da cidade. As categorias de zoneamento presentes no documento são generalistas e baseadas em padrões funcionais pouco sensíveis às dinâmicas ambientais em microescala.

A relevância das áreas vegetadas como estratégia de resiliência urbana tem sido amplamente demonstrada globalmente. Abou Samra et al. (2025) identificaram variações na capacidade de resfriamento urbano entre cidades egípcias usando Landsat e GEE. Em paralelo, estratégias eficientes de arborização em regiões áridas, como as desenvolvidas por Abdelmejeed e Gruehn (2024), reforçam que o sombreamento e evapotranspiração podem melhorar o conforto térmico mesmo em contextos de escassez de água. Além disso, análises sobre desigualdade global do resfriamento por infraestrutura verde evidenciam que cidades do Sul Global têm menor performance nesse aspecto, realçando a importância de políticas territoriais mais equitativas e ecológicas.

A ampliação da cobertura vegetal urbana constitui uma das estratégias mais eficazes para elevar os índices de qualidade ambiental em áreas densamente ocupadas. Segundo parâmetros internacionais, a World Health Organization (OMS) recomenda um mínimo de 9 m² de área verde pública por habitante, sendo valores ideais até cerca de 50 m² / habitante (Russo et al., 2018; Maryanti et al., 2017). Além disso, diretrizes recentes de planejamento urbano sustentável indicam que os bairros devem alcançar no mínimo 30 % de cobertura arbórea para assegurar conforto térmico, controle de escoamento superficial e manutenção da umidade atmosférica (Konijnendijk, 2022; EEA, 2023).

Quando comparados a esses parâmetros, os resultados obtidos para o setor Leste de Descalvado revelam uma condição de subdimensionamento da infraestrutura verde urbana, tanto em extensão quanto em conectividade. A predominância de classes impermeabilizadas e a ausência de políticas municipais que estabeleçam valores mínimos de permeabilidade ou cobertura vegetal por lote (Descalvado, 2015) reforçam a necessidade de incorporar metas ambientais no planejamento territorial. Assim, a definição de indicadores locais de cobertura arbórea e área verde per capita, aliados ao monitoramento contínuo do IQA, pode orientar a formulação de políticas públicas de arborização e manejo urbano, contribuindo para alinhar o município aos objetivos de sustentabilidade urbana preconizados pela OMS e pela ONU.

A análise espacial do IQA possibilita, ainda, identificar áreas com potencial para estruturação de corredores verdes, zonas com necessidade de restauração ecológica, e setores onde o parcelamento urbano ocorreu sem contrapartidas ambientais mínimas. Essas informações podem subsidiar desde a revisão do plano diretor, prevista para 2026, até ações concretas de manejo urbano, como a criação de áreas verdes contínuas, o incentivo à arborização privada e pública, e a regularização ambiental de áreas ocupadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da qualidade ambiental do setor Leste de Descalvado/SP, a partir do mapeamento detalhado do uso do solo em escala de lote urbano e da aplicação adaptada da metodologia de Valaski (2013), permitiu uma leitura integrada da paisagem urbana, considerando tanto os aspectos naturais quanto as dinâmicas sociais e funcionais do território. O valor médio do Índice de Qualidade Ambiental (IQA), estimado em 0,47, revela um cenário intermediário de qualidade ambiental, com forte influência da expansão urbana recente, da impermeabilização generalizada do solo e da fragmentação dos elementos vegetados.

A presença expressiva de áreas ambientalmente relevantes, como fragmentos florestais, áreas recreativas com vegetação e terrenos baldios com cobertura arbórea ou arbustiva, evidencia que ainda existem espaços urbanos com potencial ecológico significativo. No entanto, sua distribuição descontínua e a ausência de políticas públicas voltadas à sua conservação comprometem a função estruturante que poderiam exercer na malha urbana. Ao mesmo tempo, a prevalência de usos como residências impermeabilizadas e terrenos com solo exposto aponta para uma lógica de ocupação baseada em critérios funcionais e econômicos, em detrimento da sustentabilidade ambiental.

Os resultados obtidos reforçam a importância de integrar o diagnóstico ambiental urbano aos instrumentos de planejamento territorial. Recomenda-se que a revisão do Plano Diretor Municipal, prevista para 2026, incorpore indicadores ambientais mais precisos, especialmente o Índice de Qualidade Ambiental (IQA), de forma a permitir o monitoramento contínuo das transformações urbanas e a avaliação periódica da efetividade das políticas públicas.

A implementação de programas de incentivo à manutenção e ampliação de áreas verdes, bem como à utilização de superfícies permeáveis em novos empreendimentos, pode contribuir para o equilíbrio ecológico da cidade e para a redução dos efeitos da impermeabilização excessiva.

Tais medidas favoreceriam a criação de uma estrutura ecológica urbana articulada, que valorize a vegetação espontânea e os remanescentes de APPs como elementos funcionais da paisagem, aproximando a gestão urbana das premissas do planejamento ambiental integrado e da sustentabilidade socioecológica.

Do ponto de vista metodológico, a escolha por trabalhar com o uso do solo mostrou-se eficaz para dialogar diretamente com os instrumentos de planejamento urbano, como o Plano Diretor Municipal. Essa adaptação torna os resultados mais aplicáveis e operacionais, ampliando sua utilidade tanto para a academia quanto para a gestão pública local. A leitura fina da paisagem em escala de lote, associada a critérios ambientais objetivos, possibilita diagnósticos territorializados que podem subsidiar a revisão do plano diretor e a formulação de políticas ambientais mais justas, sensíveis e eficazes.

Dessa forma, esse estudo não apenas oferece uma contribuição concreta ao conhecimento sobre a qualidade ambiental urbana em cidades de pequeno porte, como também propõe uma ferramenta técnica replicável, capaz de ser utilizada por outros municípios com realidades semelhantes. Futuras pesquisas poderão expandir essa abordagem para outros setores da cidade ou incorporar análises temporais, com vistas a acompanhar a evolução da qualidade ambiental frente à consolidação urbana.

É importante salientar que essa análise é baseada em imagens de 2023. O que representa um momento específico no tempo. A qualidade ambiental é dinâmica. Um terreno baldio com solo exposto (IQA baixo) pode ser convertido em um lote edificado sem jardim (IQA ainda mais baixo) ou, potencialmente, ser recuperado. Uma análise temporal seria um excelente desdobramento futuro para entender as tendências.

Por fim, reitera-se que o planejamento urbano orientado pela sustentabilidade demanda diagnósticos precisos, metodologias adequadas à escala local e vontade política para transformar a leitura técnica do território em ação concreta. Esse trabalho pretende contribuir com esse processo, ao evidenciar que a integração entre ciência, gestão e participação é indispensável para cidades mais equilibradas, resilientes e ambientalmente qualificadas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ABDELMEJEED, A. Y.; GRUEHN, D. Optimizing an efficient urban tree strategy to improve microclimate conditions while considering water scarcity: a case study of Cairo. **Discover Sustainability**, v. 5, p. 66, 2024. DOI: [10.1007/s43621-024-00066-6](https://doi.org/10.1007/s43621-024-00066-6).
- ABOU SAMRA, R. M. et al. How urban green spaces shape unequal cooling in rapidly urbanizing Egypt: insights from Landsat and GEE analysis. **Earth Systems and Environment**, [s.l.], 2025.
- ADORNO, C. F. C. B.; SILVA, R. A. G.; ESTEVAM, F. M.; PAZ, O. L. S. Perspectivas geográficas da inserção dos recursos hídricos no plano diretor municipal de Descalvado – SP. **Geographia**

Opportuno Tempore, Londrina, v. 10, n. 1, p. e49415, 2024. DOI: [10.5433/got.2024.v10.49415](https://doi.org/10.5433/got.2024.v10.49415).

ALMEIDA, A. N. de; SERTÃO, A. C.; SOARES, P. R. C.; ANGELO, H. Deficiências no diagnóstico ambiental dos estudos de impacto ambiental (EIA). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 33-48, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=471647051003>. Acesso em: 22 ago. 2025.

AN, Z.; WU, H.; CHEN, Q.; HUANG, J. **Spatial distribution characteristics of urban air quality and the spatial heterogeneity of driving factors: a case study of Beijing**. Preprints, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.20944/preprints202406.0694.v1>. Acesso em: 18 set. 2025.

BIZAWU, Kelvin Mitima; LÚCIO, Willian Oliveira. Práticas agroecológicas no Brasil: desafios de uma gestão sustentável. **Revista Interdisciplinar em Extensão**, v. 2, n. 4, p. 45-57, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ifg.edu.br/riepex/article/view/695>. Acesso em: 3 out. 2025.

CAI, W.; SHU, C. Integrating system perspectives to optimize ecosystem service provision in urban ecological development. **Systems**, v. 12, n. 9, p. 375, 2024. DOI: 10.3390/systems12090375.

CÂMARA MUNICIPAL DE DESCALVADO. **Conheça Descalvado**. Descalvado, 2024. Disponível em: https://www.camaradescalvado.sp.gov.br/arquivos_cliente/CONHEÇA%20DESCALVADO.pdf.

COSTA DE OLIVEIRA, A. V. L.; CESTARO, L. A. Os instrumentos de planejamento ambiental territorial e suas aplicações no âmbito municipal: uma análise do Plano Diretor e exercícios de zoneamento. **Geografia em Questão** (Online), v. 13, p. 115-128, 2020.

DESCALVADO (SP). **Plano Diretor Participativo do Município de Descalvado**. Descalvado: Prefeitura Municipal de Descalvado, 2015. 516 p. Disponível em: <https://www.descalvado.sp.gov.br>. Acesso em: 11 nov. 2025.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). Increasing tree coverage in 30 European cities could reduce deaths linked to urban heat island effect. **Copenhagen: EEA**, 2023. Disponível em: https://environment.ec.europa.eu/news/increasing-tree-coverage-30-european-cities-could-reduce-deaths-linked-urban-heat-island-effect-2023-06-21_en. Acesso em: 12 nov. 2025.

FERREIRA, L. de A. et al. Infiltration well as compensatory measure of urban drainage: a financial analysis. **Revista Interdisciplinar e do Meio Ambiente** (RIMA), [S.l.], v. 5, n. 1, p. 211, 2023. DOI: [10.52664/rima.v5.n1.2023.e211](https://doi.org/10.52664/rima.v5.n1.2023.e211).

FORMAN, R. T. T. **Urban Ecology: Science of Cities**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

GOULART, J. O.; TERCI, E. T.; OTERO, E. V. A dinâmica urbana de cidades médias do interior paulista sob o Estatuto da Cidade. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 15, n. 2, p. 101-116, 2013. Disponível em: <https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/download/4178/4062/8335>. Acesso em: 13 ago. 2025.

HARDI, A. Z.; AZIZALRAHMAN, H. Scenario-based land-use modelling to predict land surface temperature in Jeddah, Saudi Arabia. **Academia Environmental Sciences and Sustainability**, v. 2, 2025. DOI: 10.20935/AcadEnvSci7828.

HOLANDA, M. A. C. R. de; SOARES, W. de A. Analysis of the effect of impermeability of urban soils on the infiltration of rainwater in the city of Recife, PE. **Ambiente e Água – Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [S.l.], v. 14, n. 4, p. 1, 2019. DOI: [10.4136/ambi-agua.2386](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2386).

HOU, L.; WU, F.; XIE, X. The spatial characteristics and relationships between landscape pattern and ecosystem service value along an urban-rural gradient in Xi'an City, China. **Ecological Indicators**, 2020. DOI: [10.1016/j.ecolind.2019.105720](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105720).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Descalvado (SP)**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/descalvado.html>. Acesso em: 13 ago. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Municípios Brasileiros: 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

JUNTTI, H. C. M.; NASCIMENTO, N. Urban environmental quality and wellbeing in the context of incomplete urbanization in Brazil: integrating directly experienced ecosystem services into planning.

- Progress in Planning**, v. 143, p. 100433, 2021. DOI: [10.1016/j.progress.2019.04.003](https://doi.org/10.1016/j.progress.2019.04.003).
- KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.
- KONIJNENDIJK, C. C. Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: introducing the 3-30-300 rule. *Journal of Forestry Research*, v. 33, n. 6, p. 1669-1684, 2022. DOI: [10.1007/s11676-022-01523-z](https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z).
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Das geographische System der Klimate**. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Org.). *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. v. 1, p. 1-44.
- LI, Fei et al. Machine learning and remote sensing integration for leveraging urban sustainability: a review and framework. *Sustainable Cities and Society*, v. 96, p. 104653, 2023. DOI: [10.1016/j.scs.2023.104653](https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104653).
- LI, J.; XIE, B.; DONG, H.; ZHOU, K.; ZHANG, X. The impact of urbanization on ecosystem services: both time and space are important to identify driving forces. *Journal of Environmental Management*, v. 347, p. 119161, 2023.
- LIMA, V. **A sociedade e a natureza na paisagem urbana: análise de indicadores para avaliar a qualidade ambiental**. 2013. 359 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013. Disponível em: https://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/13/dr/valeria.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.
- LINGYE, Tan et al. Assessment of urban environmental quality by socioeconomic and environmental variables using open-source datasets. *Transactions in GIS*, v. 28, n. 7, p. 2526-2544, 2024. DOI: [10.1111/tgis.13250](https://doi.org/10.1111/tgis.13250).
- LIU, Chenli et al. Global trends and characteristics of ecological security research in the early 21st century: a literature review and bibliometric analysis. *Ecological Indicators*, v. 137, p. 108734, 2022. DOI: [10.1016/j.ecolind.2022.108734](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108734).
- LIU, Y. X. et al. Global assessment of nature's contributions to people. *Science Bulletin*, v. 68, p. 424-435, 2023.
- MAHMOUDZADEH, H. et al. Evaluating urban environmental quality using multi-criteria decision making. *Heliyon*, v. 10, 2024. DOI: [10.1016/j.heliyon.2024.e24921](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24921).
- MARYANTI, Siti et al. The urban green space provision using the standards approach: issues and challenges of its implementation in Malaysia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, v. 12, n. 4, p. 615-625, 2017. DOI: [10.2495/SDP-V12-N4-615-625](https://doi.org/10.2495/SDP-V12-N4-615-625).
- NORTON, B. A.; EVANS, K. L.; WARREN, P. H. Urban biodiversity and landscape ecology: patterns, processes and planning. *Current Landscape Ecology Reports*, v. 1, p. 178-192, 2016. DOI: [10.1007/s40823-016-0018-5](https://doi.org/10.1007/s40823-016-0018-5).
- NUCCI, J. C.; VALASKI, S.; ESTÊVEZ, L. F.; TONETTI, E. L. Uso da terra e qualidade ambiental urbana: uma proposta de legenda para mapeamento. *GEOgraphia*, v. 21, n. 46, maio/ago. 2019.
- ORTIZ-BÁEZ, P. et al. Characterizing landscape patterns in urban-rural interfaces. *Journal of Urban Management*, 2021. DOI: [10.1016/j.jum.2021.01.001](https://doi.org/10.1016/j.jum.2021.01.001).
- PENG, Y. et al. Identifying the driving forces of global ecosystem services balance, 2000–2020. *Journal of Cleaner Production*, v. 426, p. 139019, 2023.
- RENDON, P.; STEINHOFF-KNOPP, B.; BURKHARD, B. Linking ecosystem condition and ecosystem services: a methodological approach applied to European agroecosystems. *Ecosystem Services*, v. 53, p. 16, 2022.
- RUSSO, A. et al. Modern compact cities: how much greenery do we need? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 10, p. 2180, 2018. DOI: [10.3390/ijerph15102180](https://doi.org/10.3390/ijerph15102180).
- SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 393 p. ISBN 978-65-5467-104-0.
- SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB.

Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 5, p. 943-952, 2017. DOI: [10.1590/s1413-41522016146661](https://doi.org/10.1590/s1413-41522016146661).

SARFO, I.; BI, S.; XU, X.; YEBOAH, E.; KWANG, C.; BATAME, M.; ADDAI, F. K.; ADAMU, U. W.; APPEA, E. A.; DJAN, M. A. Planning for cooler cities in Ghana: contribution of green infrastructure to urban heat mitigation in Kumasi metropolis. **Land Use Policy**, [S.L.], v. 133, p. 106842, out. 2023. Elsevier BV. [10.1016/j.landusepol.2023.106842](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106842).

SHI, F.; YANG, B.; LI, M. An improved framework for assessing the impact of different urban development strategies on land cover and ecological quality changes: a case study from Nanjing Jiangbei New Area, China. **Ecological Indicators**, v. 147, p. 109998, 2023. DOI: [10.1016/j.ecolind.2023.109998](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109998).

SIEBER, I. M. et al. Mapping and assessing ecosystems and their services: a comparative approach to ecosystem service supply in Suriname and French Guiana. **Ecosystems and People**, v. 17, p. 148-164, 2021.

SILVA, R. F. B.; LIMA, G. S.; SOARES, V. P. Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2017.

SIMONS, A. L.; CALDWELL, S.; FU, M. et al. Constructing ecological indices for urban environments using species distribution models. **Urban Ecosystems**, v. 25, p. 1745-1764, 2022. DOI: [10.1007/s11252-022-01265-0](https://doi.org/10.1007/s11252-022-01265-0).

SONG, J.; JIANG, H.; LI, X. Quantifying the seasonal contribution of coupling urban land use types on land surface temperature in China. **International Journal of Digital Earth**, v. 17, n. 1, p. 2113079, 2024.

VALASKI, S. **Estrutura e dinâmica da paisagem: subsídios para a participação popular no desenvolvimento urbano do município de Curitiba/PR**. 2013. 145 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

VENTURI, L. A. B. **Debutantes dubitantes: guia prático e emergencial para os que estão às voltas com projetos de pesquisa científica (ou com elas próprias)**. Rio de Janeiro: Biblioteca Nacional, 2014. 55 p.

XIA, J.; DONG, Y.; ZOU, L. Developing socio-hydrology: research progress, opportunities and challenges. **Journal of Geographical Sciences**, v. 32, p. 2131-2146, 2022.

YANG, D.; LUAN, W.-X.; ZHANG, X. Projecting spatial interactions between global population and land use changes in the 21st century. **npj Urban Sustainability**, v. 3, p. 53, 2023.

Recebido em: 27/08/2025

Aceito para publicação em: 18/11/2025