

Vulnerabilidade Social e Cobertura Vegetal em Salvador: Mapeamento de Áreas Prioritárias para Arborização Urbana

Romário Oliveira de Santana
Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional
Universidade Federal de Goiás (UFG)

Lidia Raiza Lima Chaves Trindade
Pesquisadora de Pós-Doutorado
Universidade de São Paulo (USP)

Thiago Cavalcante de Souza
Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional
Universidade Federal de Goiás (UFG)

Marcelo Henrique da Silva Rosa
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional
Universidade Federal de Goiás (UFG)

Victor Souza de Oliveira
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional
Universidade Federal de Goiás (UFG)

RESUMO: Este estudo visa identificar e mapear áreas prioritárias para ações de arborização urbana em Salvador (BA), integrando múltiplas dimensões da vulnerabilidade socioambiental. Para isso, foram construídos três indicadores: o Índice de Vulnerabilidade Social Urbana (IVUS), elaborado a partir de variáveis do Censo 2022 (como acesso a saneamento, educação, renda e adensamento domiciliar); o Índice de Vegetação Urbana (IV_VERDE), calculado com base na classe "Formações Florestais" da Coleção 2 (10m) do MapBiomas para o ano de 2023; e o Índice de Arborização no Entorno dos Domicílios (I_ARBORIZAÇÃO), extraído de dados do IBGE sobre a presença de árvores nas faces de quadra. Adicionalmente, realizou-se uma análise temporal da cobertura vegetal urbana entre 2016 e 2023, revelando dinâmicas de perda e regeneração por bairro. A combinação dos três índices permitiu a elaboração de uma tipologia socioambiental classificando os bairros em cinco níveis de prioridade para políticas públicas de arborização. Os resultados evidenciam padrões territoriais marcados por desigualdade ambiental, com áreas de maior vulnerabilidade concentradas nas regiões oeste e noroeste da cidade, caracterizadas por baixa cobertura vegetal e infraestrutura precária. A abordagem proposta contribui com um instrumento metodológico replicável para subsidiar ações de planejamento urbano sustentável, mitigação de ilhas de calor e promoção da justiça ambiental em contextos urbanos brasileiros.

Palavras-chave: infraestrutura verde; indicadores socioambientais; sensoriamento remoto.

Códigos JEL: Q56, R14, Q58.

ABSTRACT: This study aims to map priority areas for urban afforestation in the city of Salvador (Brazil), based on the integration of census indicators and high-resolution land cover data. A composite vulnerability index (IVUS) was developed using seven dimensions related to sanitation, education, income, and household overcrowding. Additionally, two environmental indicators were created: the Urban Vegetation Index (IV_VERDE), based on forest formations extracted from MapBiomias data (2016–2023), and the Urban Tree Cover Index (I_ARBORIZAÇÃO), derived from the number of trees in the surroundings of households using data from the 2022 Census. The indices were normalized and classified into five categories (very low to very high), and later integrated into a typology that identifies neighborhoods with the highest need for green infrastructure. The spatial analysis reveals deep environmental inequalities, with areas of very high priority concentrated in the west, northwest, and densely built-up central zones. These territories combine high social vulnerability with a lack of tree cover and vegetation. In contrast, neighborhoods in the south and southeast show low vulnerability and high environmental quality. The study offers a replicable methodology, an analytical tool to support urban planning, and public policies aimed at environmental justice in large Brazilian cities.

Keywords:; green infrastructure; remote sensing; socio-environmental indicators.

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização brasileira nas últimas décadas tem sido marcado pela expansão contínua da terra urbana, crescimento disperso e formação de núcleos periféricos (Li et al., 2022; Albuquerque et al., 2022). Essa “segunda transição urbana” ocorreu em meio à redução da fertilidade e menor migração interna (Oliveira & Silva, 2015). As desigualdades socioespaciais intensificaram-se, refletidas por altos índices de dissimilaridade, disparidades de renda e escolaridade (Peres & Saboya, 2024; Diniz & Vieira, 2016; Pochmann & Silva, 2020).

Diante de um processo de urbanização marcado por fragmentação e disparidades territoriais, os espaços verdes nas cidades desempenham um papel fundamental na promoção da qualidade de vida, ao proporcionarem vantagens ambientais como o aprimoramento da qualidade do ar, a mitigação das ilhas de calor e a conservação da biodiversidade. (Akshay, 2023; Wheatley, 2023). Socialmente, promovem saúde física e mental, interação comunitária e maior coesão social (Adewolu, 2023; Campos, 2022). Para populações vulneráveis, a vegetação urbana reduz a exposição ao calor e mitiga riscos ambientais (Declat-Barreto et al., 2016; Chakraborty et al., 2019).

No entanto, a distribuição desses benefícios não ocorre de forma equitativa, evidenciando desigualdades territoriais entre diferentes regiões, que favorecem áreas centrais e consolidadas em detrimento das comunidades. Nesse sentido, a questão da injustiça ambiental urbana merece destaque ao evidenciar a distribuição desigual de benefícios e de riscos ambientais entre diferentes grupos sociais. Tal desigualdade está frequentemente associada a disparidades socioeconômicas, em que comunidades de baixa renda, tendem a ser desproporcionalmente afetadas por condições ambientais adversas (Sidique, 2024).

Estudos mostram que áreas ricas concentram maior cobertura vegetal e copa das árvores, enquanto bairros vulneráveis enfrentam menor disponibilidade de espaços verdes e

maiores temperaturas (Zhuang et al., 2023; Zhou et al., 2021). Essa desigualdade reforça riscos à saúde e limita o bem-estar de populações marginalizadas (Caudle et al., 2023). Embora iniciativas de arborização possam mitigar desigualdades, há riscos de gentrificação ambiental, exigindo políticas urbanas inclusivas que equilibrem melhorias ecológicas com justiça social (Chang, 2024; Hosek, 2019).

Apesar dos avanços metodológicos sobre vulnerabilidade urbana, como o Índice de Vulnerabilidade Social (SoVi®), que utiliza análise de componentes principais para sintetizar fatores socioeconômicos (de Loyola Hummell et al., 2016), e o IVS, que combina indicadores de renda, educação e moradia (Costa et al., 2017), muitas abordagens permanecem limitadas. Em geral, carecem de uma integração abrangente de fatores ambientais e dinâmicas temporais (Reis et al., 2020; Lins-de-Barros & Muehe, 2013). Mesmo adaptações espaço-temporais, como as aplicadas em Cuiabá (Neto & Amorim, 2021), dependem de dados decenais que não capturam mudanças rápidas. A incorporação de séries temporais de vegetação, como demonstrado por Bacchetta et al. (2007) e Hott et al. (2019), é fundamental para compreender processos ecológicos e orientar políticas públicas mais precisas.

Salvador constitui um contexto prioritário para investigar vulnerabilidade socioambiental, pois concentra populações de baixa renda em assentamentos precários, como a bacia do rio Mané Dendê (Reis et al., 2020), e apresenta alta prevalência de insegurança alimentar (Coutinho et al., 2022). Seus ecossistemas costeiros sofrem contaminação por metais pesados, impactando comunidades pesqueiras tradicionais (Almeida & Kan, 2016). Além disso, fatores como a localização do município, em uma região peninsular e litorânea, associado às mudanças climáticas, favorecem o aumento da frequência e da intensidade de chuvas torrenciais, ressacas e ondas de calor, que têm provocado a recorrência de deslizamentos, alagamentos, inundações e impactos negativos à saúde pública.

Os eventos extremos, quando associados à ocupação desordenada do solo e à insuficiência da infraestrutura urbana, agravam ainda mais os riscos socioambientais, ampliando a vulnerabilidade das populações residentes nas áreas mais afetadas (Brasil, 2022; Santos et al., 2023; Maranhão, 2025). Desigualdades raciais também aumentam riscos de microcefalia entre gestantes negras (Santana et al., 2010). Esses fatores evidenciam a necessidade de abordagens integradas e territorializadas para reduzir a exclusão socioambiental.

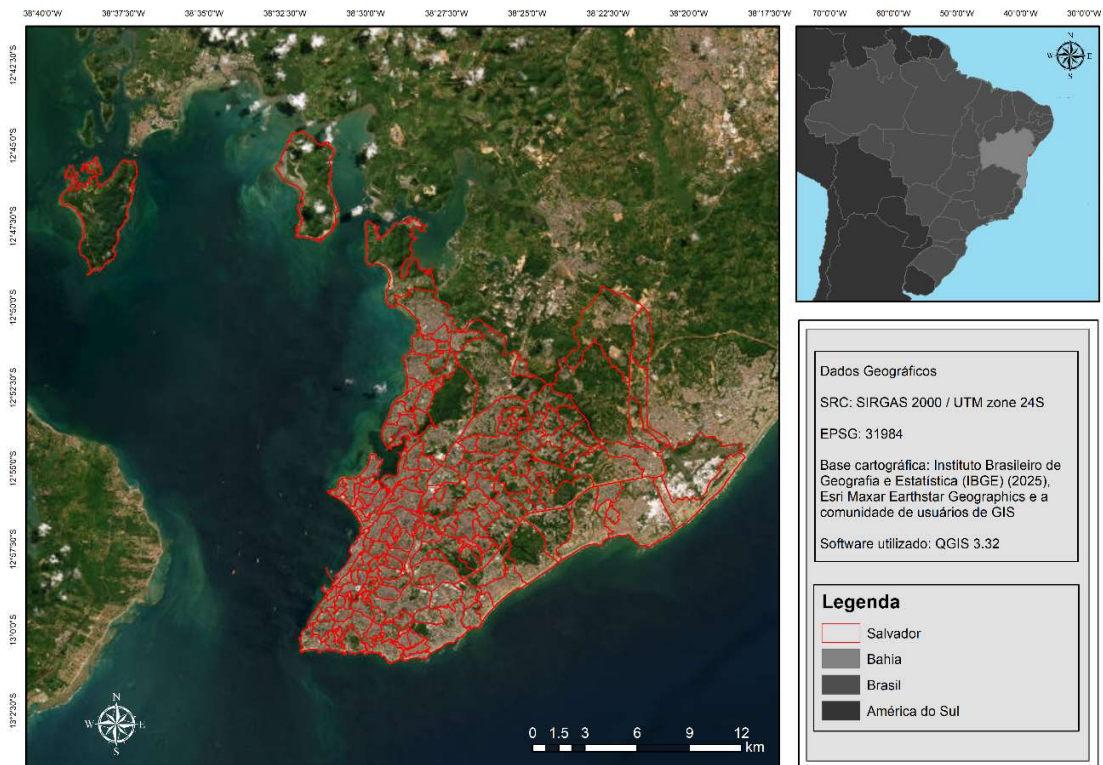
Este estudo tem como objetivo principal mapear áreas prioritárias para ações de arborização urbana em Salvador (BA), com base na integração de dados censitários e de cobertura vegetal de alta resolução. Para isso, foram desenvolvidos e combinados três indicadores: o Índice de Vulnerabilidade Social Urbana (IVUS), o Índice de Vegetação Urbana (IV_VERDE) e o Índice de Arborização no Entorno dos Domicílios (I_ARBORIZAÇÃO). A pesquisa contempla ainda a análise temporal da cobertura vegetal entre 2016 e 2023, permitindo identificar padrões de perda e recuperação. Como contribuição, o trabalho propõe uma tipologia espacial de prioridade socioambiental para políticas públicas de arborização, oferecendo subsídios ao planejamento urbano sustentável e à promoção da justiça ambiental nas cidades.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O estudo teve como área de investigação o município de Salvador (Figura 1), capital do estado da Bahia, situado na Região Nordeste do Brasil. Com uma população de 2.417.678 habitantes distribuída em uma área de 693 km², composta por 170 bairros oficialmente delimitados, Salvador apresenta uma densidade demográfica de 3.486,49 hab/km², sendo a quinta cidade mais populosa do país, segundo dados do Censo de 2022 (IBGE, 2022).

Figura 1. Mapa de localização de Salvador, Bahia, com os limites geográficos oficiais dos bairros



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados do Censo 2022 (IBGE, 2022).

De acordo com a tipologia climática de Köppen, o clima de Salvador é classificado como Tropical Úmido do tipo Floresta (Af). Essa categoria é caracterizada por apresentar temperatura média no mês mais frio superior a 18 °C. A pluviosidade anual excede a evapotranspiração potencial anual, indicando um regime hídrico favorável à manutenção de vegetação densa e perene. A precipitação mensal é superior a 60 mm, incluindo o mês mais seco, cuja média também é igual ou superior a esse valor. Além disso, o total de chuvas ao longo do ano ultrapassa os 1.500 mm, os verões são prolongados e quentes, com médias superiores a 22 °C no mês mais quente (SEI, 2022).

Historicamente, Salvador vivencia uma grave crise habitacional, marcado por forte desigualdade social, concentrada em regiões suscetíveis a desastres naturais. Conforme apontado pelo IBGE (2018), cerca de 1,2 milhão de pessoas, o que representa aproximadamente 45% da população da cidade, vivem em áreas classificadas como de risco.

Ainda, conforme revelado pelo Censo de 2022, a população de Salvador é majoritariamente composta por pessoas que se autodeclaram pretas ou pardas, representando

cerca de 83% dos habitantes (IBGE, 2022). Grande parte desse grupo reside em regiões marcadas por condições habitacionais mais precárias e menor acesso a serviços públicos e infraestrutura urbana, especialmente nas áreas periféricas conhecidas como Miolo e Subúrbio (Carvalho e Arantes, 2021).

2.2 Dados Utilizados

A presente pesquisa fundamenta-se em dados secundários provenientes de três fontes principais: o Censo Demográfico 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a plataforma MapBiomias – Coleção 8, com resolução espacial de 10 metros, e os limites geográficos oficiais dos bairros de Salvador, também obtidos junto ao IBGE (2022). No que se refere ao Censo Demográfico, foram utilizadas variáveis domiciliares e socioeconômicas previamente agregadas por bairro.

As informações extraídas abrangem aspectos relacionados ao saneamento básico, como a forma de esgotamento sanitário (rede geral, fossas sépticas, fossas rudimentares, valas e outras formas); a existência e o tipo de banheiro (uso exclusivo, compartilhado, sanitário rudimentar ou ausência total); e os modos de destinação dos resíduos sólidos (coleta oficial, caçambas públicas, queima, enterramento, descarte em áreas públicas, entre outros). Foram considerados ainda dados sobre o abastecimento de água, que abrangem múltiplas fontes, como rede geral, poços, nascentes, carro-pipa, água da chuva e corpos hídricos naturais.

A dimensão educacional foi abordada por meio das taxas de alfabetização segmentadas por faixas etárias a partir dos 15 anos, enquanto os dados sobre renda referem-se ao rendimento nominal médio mensal dos responsáveis pelos domicílios. O adensamento domiciliar foi aferido com base no número de moradores por domicílio, incluindo domicílios particulares permanentes, improvisados e coletivos. Esses dados possibilitaram a construção de indicadores temáticos normalizados, que integram a formulação do Índice de Vulnerabilidade Urbana e Socioambiental (IVUS), conforme detalhado na seção seguinte.

A pesquisa utilizou a série temporal de cobertura e uso da terra do MapBiomias – Coleção 8, abrangendo os anos de 2016 a 2023, com foco específico na classe "Formações Florestais", que foi empregada para calcular a proporção de cobertura vegetal urbana por bairro. Com resolução espacial de 10 metros, os dados permitiram análises refinadas em escala intraurbana, captando as dinâmicas espaciais da vegetação ao longo do tempo. O processamento das imagens foi realizado por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE), enquanto a elaboração dos mapas temáticos e dos produtos cartográficos foi conduzida no software QGIS, possibilitando a visualização espacial e a integração com demais variáveis socioambientais.

2.3 Índice de Vulnerabilidade Urbana e Social (IVUS)

Com base nas variáveis socioeconômicas e de infraestrutura domiciliar disponibilizadas pelo Censo Demográfico 2022 do IBGE, foram construídos sete indicadores normalizados, os quais compõem o Índice de Vulnerabilidade Urbana e Social (IVUS) (Tabela 1). Cada indicador reflete uma dimensão crítica da vulnerabilidade urbana: a ausência de banheiro exclusivo (IV_BANHEIRO), a destinação inadequada do esgoto (IV_ESGOTO), o descarte irregular de resíduos (IV_LIXO), o abastecimento precário de água (IV_ÁGUA), a taxa de analfabetismo (IV_ALFABETIZACAO), o rendimento médio

do responsável pelo domicílio (IV_RENDA) e o adensamento domiciliar excessivo (IV_ADENSAMENTO).

Tabela 1. Parâmetros do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVUS)

Dimensão	Indicador	Descrição	Índice Calculado
Saneamento básico	% de domicílios sem banheiro exclusivo	Indica precariedade habitacional e risco à saúde pública	IV_BANHEIRO
	% de domicílios com esgotamento sanitário inadequado	Reflete a vulnerabilidade ambiental por ausência de infraestrutura de esgoto	IV_ESGOTO
	% de domicílios com destinação inadequada do lixo	Representa risco socioambiental devido à coleta de resíduos insuficiente	IV_LIXO
	% de domicílios com abastecimento de água precário	Expressa o acesso limitado à água potável tratada	IV_AGUA
Adensamento domiciliar	% de domicílios com 5 ou mais moradores	Indica superlotação domiciliar e desconforto habitacional	IV_ADENSAMENTO
Renda	Rendimento médio mensal do responsável	Indica vulnerabilidade econômica; rendas mais baixas refletem maior risco social	IV_RENDA
Educação	% de pessoas com 15 anos ou mais não alfabetizadas	Indica exclusão educacional e limitações para o acesso ao mercado de trabalho e à cidadania	IV_ALFABETIZACAO

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados do Censo 2022 (IBGE, 2022).

Todos os indicadores foram normalizados por meio da técnica Min-Max, garantindo comparabilidade em uma escala de 0 a 1. A agregação em um índice composto considerou pesos diferenciados, atribuídos conforme a relevância teórica e empírica de cada variável no contexto urbano de Salvador (Equação 1):

$$\begin{aligned}
 IVUS = & (IV_RENDA \times 0,20) + (IV_BANHEIRO \times 0,15) + (IV_ESGOTO \times 0,15) \\
 & + (IV_ALFABETIZACAO \times 0,15) + (IV_ADENSAMENTO \times 0,15) \\
 & + (IV_LIXO \times 0,10) + (IV_AGUA \times 0,10)
 \end{aligned}$$

Equação (1)

A combinação ponderada desses componentes permitiu a elaboração de um índice sintético capaz de capturar múltiplas dimensões da vulnerabilidade em nível intraurbano, oferecendo uma base robusta para análises espaciais e interseções com dados ambientais.

Após a construção do IVUS, os valores obtidos para cada bairro foram classificados em quintis, de modo a organizar os territórios em cinco categorias de vulnerabilidade relativa: Muito Alta, Alta, Moderada, Baixa e Muito Baixa. Essa classificação foi aplicada utilizando a função de corte por quantis, permitindo a comparação entre diferentes regiões da cidade com base em seus níveis de exposição a condições socioambientais adversas.

2.4 Índice de Vegetação Urbana e Análise Temporal da Cobertura Vegetal (2016–2023)

A cobertura vegetal urbana foi analisada a partir dos dados de uso e cobertura da terra da Coleção 2 (beta) do MapBiomas 10 metros, que disponibiliza mapas anuais para o período de 2016 a 2023. Para o cálculo do Índice de Vegetação Urbana (IV_VERDE), utilizou-se o ano de 2023, por refletir a situação mais recente da vegetação arbórea em Salvador. Considerou-se exclusivamente a classe “Formações Florestais”, correspondente a áreas com vegetação arbórea densa, incluindo fragmentos remanescentes de Mata Atlântica, vegetação ripária e outras formações vegetais urbanas.

As imagens foram processadas no Google Earth Engine (GEE), e as áreas vegetadas foram extraídas por meio da função `reduceRegions`, com base no limite geográfico dos bairros de Salvador, obtido junto ao IBGE. Os valores de área vegetada foram convertidos de metros quadrados para quilômetros quadrados e, em seguida, normalizados utilizando a técnica Min-Max para gerar o índice IV_VERDE. Esse índice foi posteriormente classificado em cinco categorias de cobertura vegetal (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) com base em quintis naturais (natural breaks – Jenks), permitindo a identificação de gradientes espaciais de vegetação.

Complementarmente, realizou-se uma análise temporal da cobertura vegetal entre 2016 e 2023, com o objetivo de compreender as dinâmicas intraurbanas associadas à perda, estabilidade ou recuperação da vegetação nos bairros. Para cada ano, foram extraídas as áreas classificadas como “Formações Florestais” dentro dos limites de cada bairro, permitindo observar a evolução interanual da cobertura arbórea. A partir desses dados, calculou-se a variação percentual entre os anos extremos da série (2016 e 2023), gerando o indicador TENDENCIA_VERDE. Valores negativos indicam perda de vegetação no período, enquanto valores positivos sinalizam recuperação ou expansão.

2.5 Índice de Arborização Urbana no Entorno dos Domicílios (I_ARBORIZAÇÃO)

O Índice de Arborização Urbana no Entorno dos Domicílios (I_ARBORIZAÇÃO) foi construído a partir de variáveis do Censo Demográfico 2022 do IBGE, especificamente da amostra de setores censitários selecionados para a aplicação do questionário de entorno. As variáveis utilizadas foram:

- V05030 a V05034: número de domicílios em ruas com 0, 1–2, 3–4, 5 ou mais árvores, além de casos saltados;
- V05230 a V05234: número de moradores nesses mesmos domicílios.

Para o presente estudo, priorizou-se a perspectiva da população exposta à arborização urbana, optando-se pelo uso das variáveis V0523X. O índice foi calculado como a proporção de moradores que residem em domicílios com 3 ou mais árvores no entorno, em relação ao total de moradores em setores com informação de arborização. A fórmula utilizada foi (Equação 2):

$$I_ARBORIZAÇÃO = \frac{\text{Moradores em domicílios com 3 a 4 árvores + 5 ou mais árvores}}{\text{Moradores em todos domicílios com informação de arborização}}$$

Equação (2)

Os valores resultantes foram agregados por bairro com base em interseções espaciais realizadas no QGIS, utilizando o método de média ponderada pelo número de moradores. O índice foi, então, normalizado (Min-Max) e classificado em cinco categorias por *quintis naturais* (Jenks), de modo a representar gradientes de arborização de "muito baixa" a "muito alta".

Essa abordagem permitiu integrar aspectos estruturais da vegetação (IV_VERDE) com a percepção de infraestrutura verde no cotidiano dos moradores (I_ARBORIZAÇÃO), contribuindo para uma análise mais abrangente da arborização em Salvador.

2.6 Mapeamento de Áreas Prioritárias para Arborização Urbana

O mapeamento das áreas prioritárias para ações de arborização urbana foi realizado com base na integração de três indicadores espaciais: o Índice de Vulnerabilidade Social (IVUS), o Índice de Cobertura Vegetal (IV_VERDE) e o Índice de Arborização Urbana no Entorno dos Domicílios (I_ARBORIZAÇÃO). Todos os indicadores foram previamente calculados por bairro com base em dados do Censo Demográfico 2022 (IBGE) e no mapeamento de cobertura e uso da terra da Coleção 2 (10 metros) do MapBiomias (2016–2023).

Inicialmente, cada um dos três indicadores foi classificado em cinco faixas: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. A classificação adotou o método de *quintis naturais* (natural breaks – Jenks), que agrupa os valores em intervalos otimizados com base em suas distribuições estatísticas. Em seguida, os valores das classes foram convertidos em escores de 1 (muito baixa) a 5 (muito alta), de modo a permitir a agregação em um índice composto de prioridade.

O Índice de Prioridade para Arborização foi obtido pela soma ponderada dos escores das três variáveis. Para essa agregação, atribuiu-se pesos iguais ($\frac{1}{3}$ para cada indicador), considerando a complementaridade entre aspectos socioeconômicos (IVUS_Integrado), ambientais estruturais (IV_VERDE) e ambientais de proximidade (I_ARBORIZAÇÃO). O resultado foi reclassificado em cinco classes de prioridade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Por fim, os resultados foram representados em mapas temáticos no QGIS 3.28, permitindo a análise espacial detalhada dos padrões de vulnerabilidade e déficit de infraestrutura verde nos bairros de Salvador.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Temporal da Cobertura Vegetal (2016–2023)

A análise multitemporal da cobertura vegetal dos bairros de Salvador, fundamentada em dados do MapBiomias (resolução de 10 metros) e segmentada por unidades administrativas, evidencia uma trajetória espacialmente desigual e temporalmente complexa

da vegetação urbana entre 2016 e 2023. A Figura 2 apresenta a proporção de cobertura vegetal nos bairros de Salvador no ano de 2023, calculada com base na classe “Formações Florestais” da Coleção 2 (beta) do MapBiomias 10m. Observa-se uma clara heterogeneidade espacial da vegetação urbana, refletindo os contrastes socioambientais da capital baiana.

Os bairros com maior cobertura vegetal relativa (classe de 36,75% a 65,85% da área, em verde escuro) concentram-se principalmente nas porções norte, nordeste e áreas costeiras, como Stella Maris, Itapuã, Piatã, São Tomé de Paripe e parte da Ilha de Maré. Essas áreas possuem forte presença de fragmentos florestais remanescentes e ocupações urbanas menos adensadas, frequentemente associadas a condomínios horizontais ou zonas ambientais de proteção.

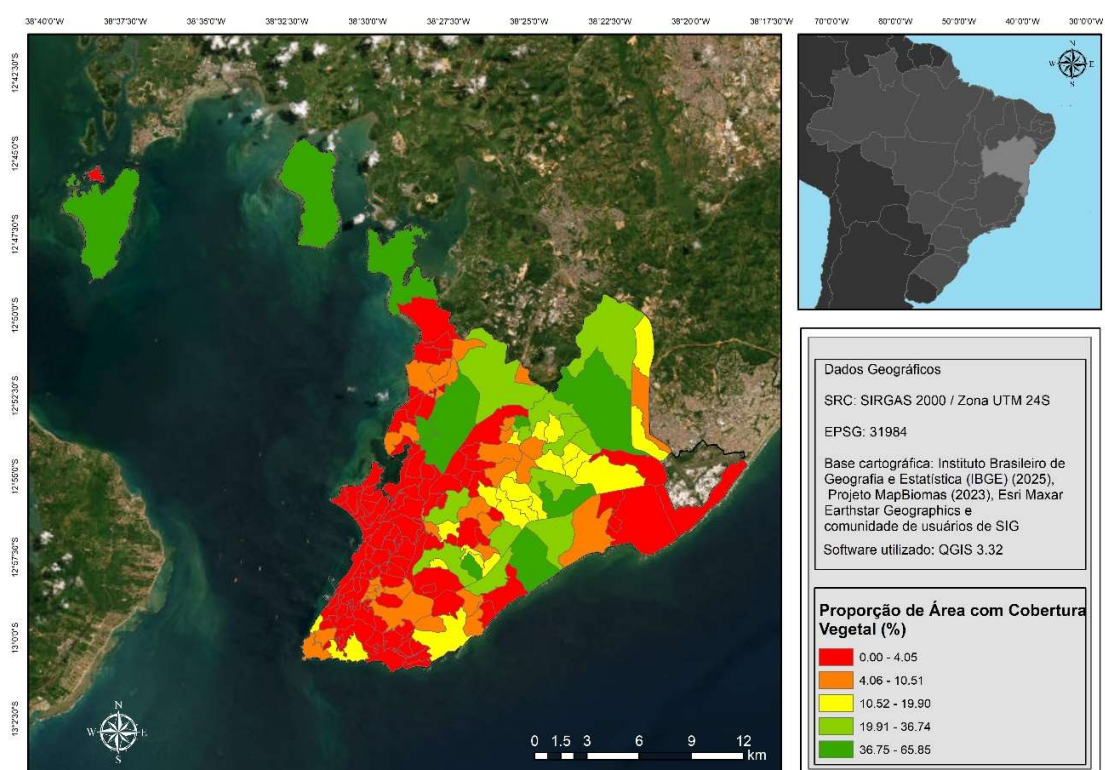
A classe intermediária (10,52% a 36,74% da área com cobertura vegetal), que abrange boa parte dos bairros centrais e do miolo urbano, revela uma vegetação residual mais fragmentada, muitas vezes restrita a encostas, áreas institucionais ou espaços públicos como praças e parques.

Por outro lado, os bairros com menor proporção de vegetação (classe vermelha, 0,00% a 4,05%) predominam nas zonas sul, sudoeste e oeste da cidade, como Tancredo Neves, Cabula, São Caetano, Fazenda Grande e Periperi. Esses territórios são marcados por adensamento populacional elevado, déficit de infraestrutura verde e menor presença de áreas de preservação, configurando zonas críticas para políticas públicas de compensação ambiental e arborização urbana. Esses padrões espaciais refletem o que Zhou et al. (2021) identificam como desigualdades estruturais na distribuição da copa arbórea, onde comunidades socialmente vulneráveis enfrentam escassez de vegetação, maiores temperaturas e menor resiliência aos impactos das mudanças climáticas. Caudle et al. (2023) também alertam que a ausência de vegetação acentua injustiças ambientais e compromete o bem-estar físico e psicológico das populações marginalizadas, especialmente em contextos urbanos fragmentados.

Entre os bairros com maior extensão de vegetação, destaca-se Ilha dos Frades, que apresentou os maiores valores absolutos tanto em 2016 (10,14 km²) quanto em 2023 (9,03 km²). No entanto, ao observar o comportamento interanual, constata-se uma trajetória de declínio contínuo e linear, resultando em uma perda acumulada de 1,11 km², equivalente a uma redução de 10,9%. Essa tendência é particularmente relevante porque afeta uma área insular teoricamente menos sujeita a pressões urbanas diretas, o que sugere impactos difusos ou negligência na gestão territorial de áreas protegidas.

Em contrapartida, bairros como Itapuã (-15,7%), Piatã (-16,6%), Patamares (-11,7%) e São Marcos (-5,2%) apresentaram comportamentos não lineares, com períodos de crescimento ou estabilização da vegetação intercalados por fases de retração. Embora a variação líquida entre 2016 e 2023 indique perda, os dados intermediários revelam momentos de regeneração espontânea, intervenções paisagísticas ou conservação parcial de remanescentes, o que configura uma dinâmica mais resiliente frente à pressão antrópica. Esse comportamento pode estar associado à presença de diretrizes urbanísticas específicas, zoneamentos ambientais e maior fiscalização, aspectos que Chang (2024) destaca como elementos cruciais na promoção de infraestrutura verde equitativa e na mitigação da chamada "gentrificação verde". Em Salvador, bairros como Patamares e Itapuã apresentam características de urbanização planejada e maior densidade de condomínios horizontais, o que favorece a conservação de áreas vegetadas e impede, ao menos parcialmente, a conversão para usos urbanos intensivos.

Figura 2. Cobertura Vegetal (%) nos bairros de Salvador em 2023, com base nos dados do MapBiomas (Coleção 2 - 10m).



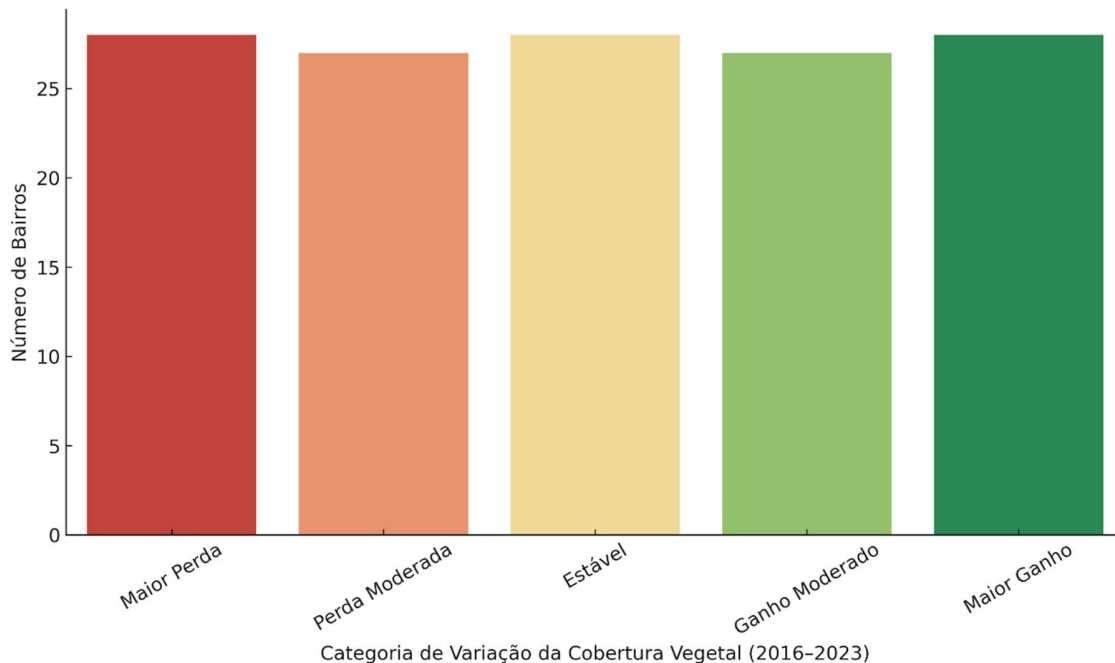
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados do Censo Demográfico 2022 (IBGE, 2022) e do Projeto MapBiomas – Coleção 2 (beta), com resolução espacial de 10 m.

Por outro lado, os bairros de Plataforma (-17,9%), Paripe (-50,2%) e Lobato (-57,6%) apresentaram padrões de degradação vegetal persistente, com quedas sistemáticas ao longo de toda a série. Esses territórios, em geral associados a zonas populares de adensamento urbano acelerado, refletem processos de expansão horizontal, ocupações irregulares e ausência de política ambiental urbana efetiva. Contudo, essa ausência não pode ser compreendida apenas como falta de normativas: Salvador conta com Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) e legislações ambientais complementares. O problema reside, como apontam Reis et al. (2020), na frágil implementação e baixa capacidade de governança local, especialmente nas periferias, onde a ação do poder público é mais difusa. Isso evidencia que a mera existência de instrumentos de planejamento não garante resultados ambientais positivos sendo fundamental fortalecer mecanismos de monitoramento, participação social e responsabilização institucional.

Para aprofundar a leitura das dinâmicas da cobertura vegetal em Salvador, os bairros foram classificados com base na variação percentual da vegetação entre os anos de 2016 e 2023, utilizando como critério a segmentação estatística em quintis. Essa abordagem permitiu organizar o território urbano em cinco categorias graduais de perda ou ganho de vegetação, possibilitando uma visualização mais precisa das tendências espaciais e socioambientais ao longo do tempo.

A Figura 3 apresenta a distribuição dos bairros entre essas categorias, evidenciando uma assimetria marcante no comportamento dos territórios quanto à preservação ou supressão da vegetação. Observa-se que os bairros classificados com "maior perda" se concentraram entre aqueles que já apresentavam baixos níveis de cobertura vegetal em 2016 e que, ao longo dos anos, continuaram perdendo área verde de forma acentuada. Essa trajetória descendente reflete pressões antrópicas severas, como a intensificação da urbanização desordenada, a ocupação de áreas ecologicamente sensíveis e a ausência de mecanismos eficazes de contenção da degradação ambiental. Já os bairros com "perda moderada" apresentaram declínios menos expressivos, embora ainda relevantes, indicando uma tendência negativa mais suave, possivelmente associada a transformações territoriais localizadas ou a processos de substituição parcial de vegetação por usos urbanos.

Figura 3. Distribuição dos bairros de Salvador por quintis de variação percentual da cobertura vegetal entre 2016 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados do Censo Demográfico 2022 (IBGE, 2022) e do Projeto MapBiomias – Coleção 2 (beta), com resolução espacial de 10 m.

Na outra extremidade da distribuição, os bairros classificados como "ganho moderado" ou "maior ganho" registraram crescimento relativo da cobertura vegetal, em muitos casos partindo de níveis já elevados em 2016. Essa expansão pode estar associada à regeneração natural de áreas anteriormente degradadas, à conservação ativa de remanescentes florestais, à implantação de parques urbanos ou a restrições ambientais e legais que limitaram a expansão urbana sobre determinadas áreas. Entre esses bairros, destaca-se a Ilha dos Frades, que manteve altos valores absolutos de vegetação ao longo de toda a série, com variações mínimas entre os anos, demonstrando um padrão de estabilidade ecológica vinculado à sua condição geográfica e à baixa pressão antrópica.

No centro da distribuição, encontram-se os bairros classificados como "estáveis", cuja variação percentual foi próxima de zero, indicando que, ao longo do período de oito anos, houve um relativo equilíbrio entre perda e regeneração. Essa condição de estabilidade pode decorrer tanto de ausência de transformações territoriais quanto de dinâmicas que se anulam mutuamente, como desmatamento pontual compensado por reflorestamento urbano em outras partes do mesmo território.

De forma geral, a classificação dos bairros em quintis revelou um padrão de polarização territorial: os bairros mais impactados negativamente são, em sua maioria, aqueles com menor infraestrutura ecológica e maiores indicadores de vulnerabilidade social, enquanto os bairros mais resilientes ambientalmente mantêm ou ampliam sua cobertura vegetal. Trata-se, portanto, de um ciclo de retroalimentação negativa, no qual áreas com déficit histórico de vegetação seguem expostas à supressão contínua, enquanto áreas privilegiadas do ponto de vista ambiental preservam sua condição ou a ampliam, muitas vezes em razão de maiores recursos, regulação fundiária mais rígida ou ausência de pressão por ocupação.

Essa tendência reforça a hipótese da reprodução das desigualdades ambientais urbanas, um fenômeno estrutural que transcende as dimensões ecológicas e se projeta sobre os aspectos sociais e territoriais da cidade. A vegetação urbana, entendida como infraestrutura verde essencial para o conforto térmico, a regulação hídrica, a purificação do ar e a promoção da saúde coletiva, tende a se tornar mais escassa justamente nas áreas socialmente mais vulneráveis, contribuindo para a intensificação das desigualdades no acesso aos serviços ecossistêmicos e agravando os efeitos da crise climática em escala local. Salvador, assim como muitas metrópoles latino-americanas, apresenta uma distribuição desigual da vegetação, que espelha e reforça as clivagens socioespaciais já consolidadas no tecido urbano.

Portanto, a análise espaço-temporal da vegetação urbana em Salvador demonstra a necessidade de políticas diferenciadas: ações de contenção e recuperação ambiental nas áreas em franco declínio, e medidas de consolidação e ampliação da infraestrutura verde nos bairros mais resilientes. Essa leitura, ancorada em evidências geoespaciais de alta resolução e análise temporal contínua, fornece subsídios robustos para o planejamento ambiental urbano e o enfrentamento das desigualdades ecológicas intraurbanas.

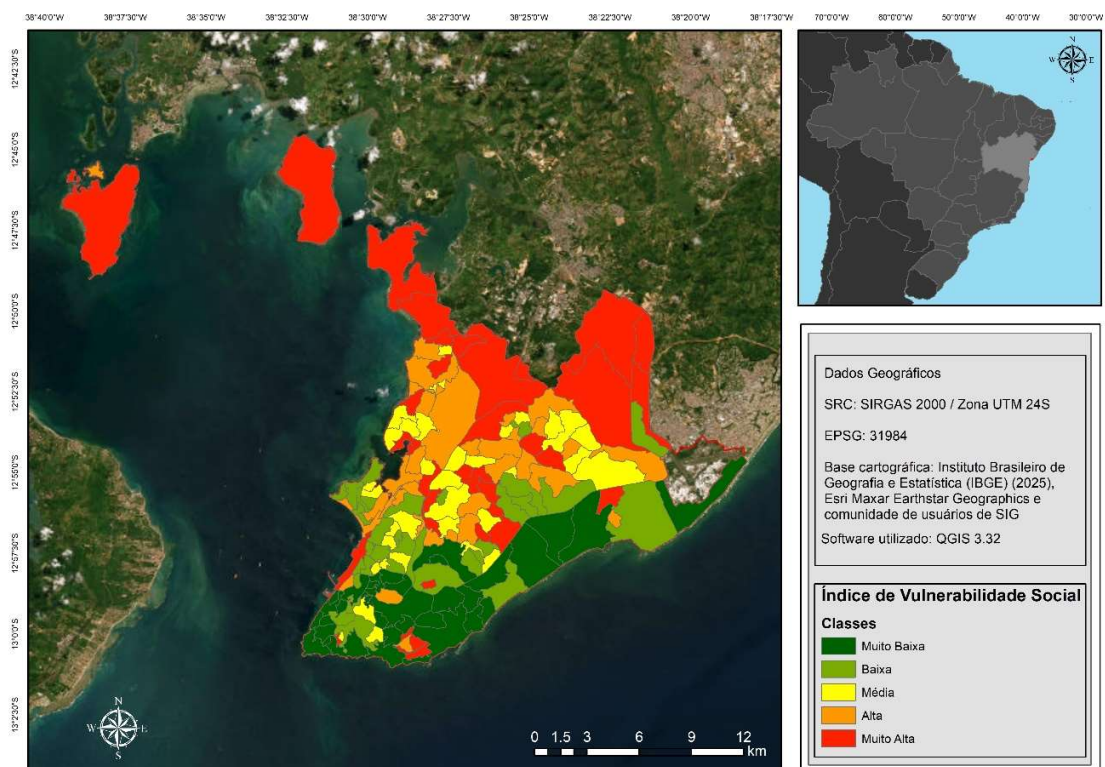
3.2 Distribuição Espacial da Vulnerabilidade Social (IVUS) em Salvador

A classificação do Índice de Vulnerabilidade Urbana e Social (IVUS) revela marcantes disparidades intraurbanas em Salvador. Os bairros com muito baixa vulnerabilidade social, representados em verde escuro na Figura 4, concentram-se majoritariamente nas porções sul e sudeste do município, especialmente ao longo da orla atlântica e em áreas centrais consolidadas, como Caminho das Árvores, Graça e Barra. Esses territórios refletem elevados níveis de renda, escolaridade e acesso à infraestrutura urbana, compondo um núcleo privilegiado da cidade.

A classe de baixa vulnerabilidade, indicada em verde claro, abrange bairros com boas condições socioeconômicas, mas com alguns déficits pontuais em indicadores como abastecimento de água ou adensamento domiciliar. Essas áreas formam um gradiente de transição socioespacial, perceptível em bairros como Costa Azul, Itaipara e Pituba, e reforçam a continuidade do padrão de centralidade privilegiada.

Em contraste, as áreas classificadas com vulnerabilidade média e alta, destacadas em amarelo e laranja, configuram uma faixa que avança em direção à zona centro-norte da cidade, onde se intensificam indicadores de precariedade habitacional, baixa renda e infraestrutura deficiente. Os bairros com muito alta vulnerabilidade social, representados em vermelho, estão concentrados de forma mais periférica e descontínua, com destaque para localidades como Periperi, Lobato, Fazenda Coutos e Ilha de Maré. Essas áreas são caracterizadas por acentuadas carências estruturais, urbanização desordenada e menor presença do Estado.

Figura 4. Classes de Vulnerabilidade Socioambiental Integrada (IVUS_Integrado) nos bairros de Salvador (BA)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados do Censo 2022 (IBGE, 2022).

Esse padrão espacial reflete um processo histórico de segregação socioespacial em Salvador, no qual populações de baixa renda foram progressivamente deslocadas para regiões periféricas com menor valor fundiário, carência de infraestrutura e alta exposição a riscos ambientais. Assim como em outras cidades como Barcelona e Roma, estudos têm mostrado que vulnerabilidades atuais estão profundamente ligadas a políticas urbanas passadas e a dinâmicas de exclusão (Vima-Grau et al., 2019; Davino et al., 2021).

Autores como Cutter e Finch (2008) e Emrich (2004) destacam que fatores socioeconômicos, como raça, renda e escolaridade, associados a um ambiente construído precário, agravam significativamente os níveis de vulnerabilidade. Em Salvador, as moradias

situadas em encostas, vales e áreas insulares, muitas vezes sem planejamento urbano, refletem esse cenário de fragilidade urbana e social.

É importante considerar ainda que a vulnerabilidade urbana é dinâmica. Mudanças nos padrões de ocupação, crescimento desordenado e transformações climáticas podem intensificar os riscos já existentes. Por outro lado, iniciativas de requalificação urbana e investimento em infraestrutura têm potencial para reverter parte desse quadro, desde que acompanhadas por políticas de permanência e inclusão social.

Portanto, o mapeamento do IVUS não apenas permite identificar zonas críticas de intervenção, como também evidencia a reprodução histórica das desigualdades em Salvador. A superação desse cenário exige políticas públicas orientadas pela equidade territorial, que promovam investimentos em infraestrutura básica, habitação digna, acesso universal aos serviços e fortalecimento da resiliência urbana em áreas mais vulneráveis.

3.3 Mapeamento das Áreas Prioritárias para Arborização Urbana

A análise espacial das áreas prioritárias para ações de arborização urbana em Salvador, representada na Figura 5, revela padrões territoriais evidentes de desigualdade ambiental e social, com forte correlação entre baixa cobertura vegetal e altos níveis de vulnerabilidade social. Os bairros classificados como de prioridade muito alta (em vermelho), concentrados principalmente nas regiões oeste, noroeste e em porções centrais densamente urbanizadas, correspondem a territórios onde se acumulam adensamento urbano desordenado, carência de infraestrutura verde e baixíssimos níveis de arborização no entorno dos domicílios. Essa classe abrange 22 bairros (13,5%), como Fazenda Coutos, Castelo Branco, Dom Avelar e São Marcos, onde a ausência de vegetação intensifica os efeitos das ilhas de calor e agrava condições socioambientais já críticas.

A classe de prioridade alta, com 37 bairros (22,7%), representa zonas em transição, marcadas por indicadores sociais intermediários, vegetação fragmentada e arborização insuficiente, exigindo ações de curto e médio prazo para evitar agravamento das vulnerabilidades. Já os bairros classificados como prioridade moderada (44 bairros; 27%) apresentam condições estruturais medianas e arborização localizada, mas ainda carecem de vegetação urbana contínua, demandando monitoramento e intervenções pontuais.

Por outro lado, as regiões com prioridade baixa (37 bairros; 22,7%) e muito baixa (23 bairros; 14,1%) estão majoritariamente nas porções sul e sudeste da cidade, como Patamares, Stella Maris, Piatã e Itapuã. Esses territórios possuem alta cobertura vegetal, infraestrutura urbana consolidada e baixos índices de vulnerabilidade social, exigindo apenas ações de manutenção e ampliação controlada da vegetação.

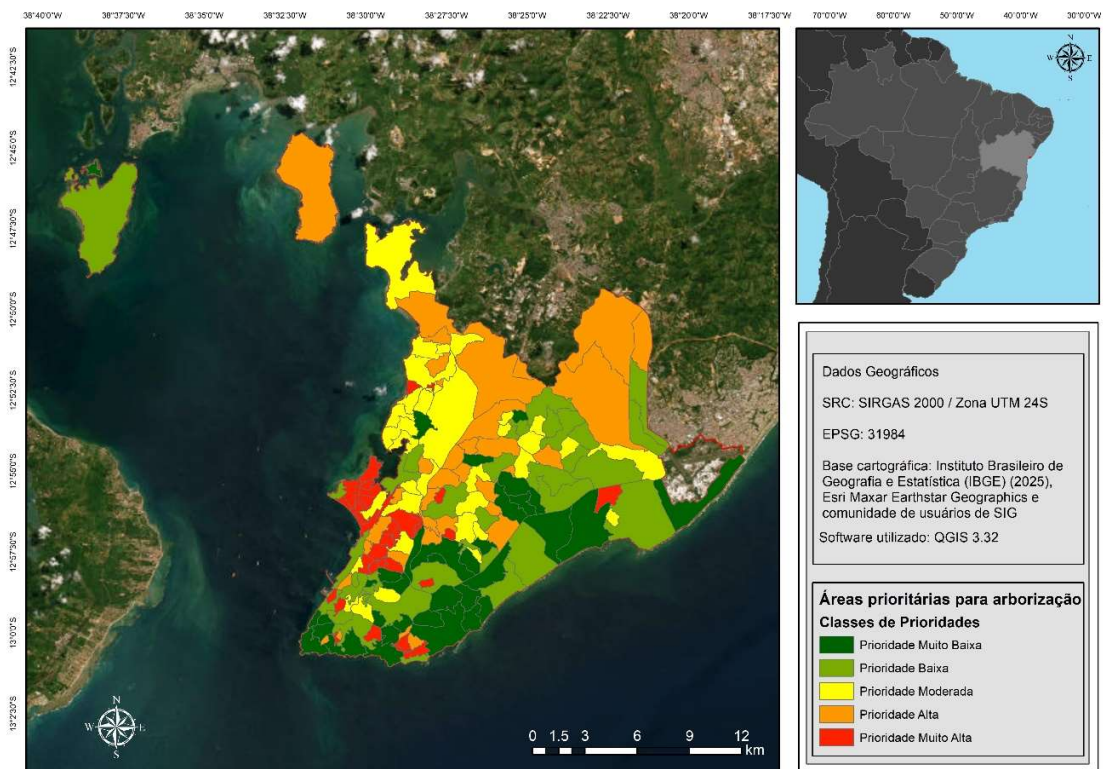
A distribuição espacial das classes de prioridade evidencia uma Salvador profundamente marcada pela injustiça ambiental, em que os bairros mais vulneráveis são também os menos arborizados. Esse achado corrobora a hipótese de que a vegetação nas áreas urbanas não apenas espelha desigualdades históricas, mas também contribui para a perpetuação da exclusão socioespacial. Áreas periféricas e centrais desordenadas acumulam déficits históricos de arborização e, conseqüentemente, maior exposição ao desconforto térmico, à degradação ambiental e à carência de serviços ecossistêmicos.

Esses padrões se articulam com o estudo de Guerrero et al. (2025), realizado em Goiânia (GO), que também identificou forte correlação entre cobertura vegetal e indicadores de renda, escolaridade e infraestrutura urbana. Em ambas as cidades, a vegetação urbana se concentra em territórios com maior renda e urbanização consolidada, enquanto bairros

periféricos e socialmente vulneráveis permanecem à margem da infraestrutura verde. Guerrero et al. introduzem o conceito de “infraestrutura verde residual” para descrever remanescentes vegetais escassos em áreas centrais densamente ocupadas — um padrão que, embora não nomeado em Salvador, também pode ser observado nas áreas centrais mais vulneráveis da capital baiana.

Estudos internacionais reforçam essa lógica estrutural. Em Knoxville (EUA), pontos de ônibus situados em bairros marginalizados apresentaram níveis críticos de exposição ao calor devido à ausência de cobertura vegetal (Lee & First, 2023). Em Washington, DC, Havens et al. (2023) demonstrou que bairros vulneráveis possuem menor conectividade da infraestrutura verde urbana, limitando os serviços ecossistêmicos disponíveis para essas populações. Keller et al. (2024), por sua vez, identificaram que a cobertura de copas de árvores é sistematicamente menor em bairros socialmente vulneráveis, tanto no Norte quanto no Sul Global.

Figura 5. Áreas prioritárias para ações de arborização urbana em Salvador (BA)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados do Censo Demográfico 2022 (IBGE, 2022) e do Projeto MapBiomias – Coleção 2 (beta), com resolução espacial de 10 m.

Diante desse cenário, o aumento da cobertura arbórea em zonas urbanas socialmente vulneráveis configura-se como uma estratégia central para atenuar os impactos das ilhas de calor. Estudos apontam que a arborização pode reduzir a temperatura da superfície terrestre em até 6,4 °C, graças aos efeitos combinados de sombreamento e evapotranspiração (Declat-Barreto et al., 2016; Yücedağ et al., 2023), benefício especialmente importante em cidades

tropicais como Salvador, onde populações vulneráveis vivem em áreas com pouca vegetação e infraestrutura precária (Ibiapino & Nääs, 2020).

No entanto, é fundamental que essas ações estejam integradas a políticas de justiça fundiária, para prevenir a chamada 'gentrificação verde', processo em que a valorização imobiliária gerada pela arborização urbana resulta na expulsão de populações de baixa renda (Teron & Endreny, 2023). Petzold e Mose (2023) destacam a importância de garantir acesso equitativo aos espaços verdes como princípio orientador do planejamento urbano, para que a arborização não reforce desigualdades sociais sob uma aparência ambientalmente virtuosa.

Além dos benefícios ambientais e climáticos, a arborização urbana também promove coesão social, segurança e bem-estar comunitário. Kuo (2003) demonstrou que áreas com maior cobertura vegetal em Chicago apresentaram menores índices de violência e maior capital social. Assim, as políticas públicas de arborização devem ser guiadas por princípios de justiça ambiental e equidade territorial, priorizando os territórios historicamente negligenciados e promovendo ações participativas e orientadas por critérios socioambientais integrados como o índice de prioridade proposto por Guerrero et al. (2025). Adotar essa perspectiva é fundamental para combater desigualdades estruturais, promover a resiliência diante das mudanças climáticas e avançar na construção de cidades mais equitativas, inclusivas e sustentáveis.

4. CONCLUSÕES

Este estudo evidenciou profundas desigualdades socioambientais em Salvador, ao integrar indicadores censitários e dados de cobertura vegetal para identificar áreas prioritárias para ações de arborização urbana. A construção do índice composto de vulnerabilidade socioambiental (IVUS), aliada aos índices ambientais de cobertura vegetal (IV_VERDE) e arborização no entorno dos domicílios (I_ARBORIZAÇÃO), permitiu uma leitura espacial detalhada das condições urbanas da cidade.

Os resultados revelam que as regiões com maior vulnerabilidade social coincidem com baixos níveis de cobertura verde e ausência de infraestrutura ecológica, principalmente nas zonas oeste, noroeste e em porções densamente urbanizadas do centro de Salvador. Em contrapartida, bairros localizados nas zonas sul e sudeste apresentam padrões ambientais significativamente mais favoráveis, com maior vegetação e melhores condições socioeconômicas.

A tipologia de priorização territorial proposta constitui uma ferramenta prática para subsidiar políticas públicas, orientando intervenções de arborização em áreas que mais necessitam de infraestrutura verde. Além disso, a metodologia adotada é replicável em outros contextos urbanos e pode ser aprimorada com dados adicionais, como temperatura da superfície, qualidade do ar e percepção social.

O estudo reforça a relevância de incorporar a justiça ambiental e a equidade territorial ao planejamento urbano, destacando que a expansão da cobertura vegetal em áreas vulneráveis não se limita a uma ação ecológica, mas constitui também uma estratégia de inclusão social, promoção da saúde pública e fortalecimento da resiliência climática nas cidades brasileiras.

5. REFERÊNCIAS

ADEWOLU, Adeoye Olugbenga. The Impact of Green Space on Urban Well-Being-A Comprehensive Analysis. 2023. <https://doi.org/10.20944/preprints202310.0946.v1>

Albuquerque, S. A., Barbosa, L. C., & de Oliveira, F. F. Tendências de expansão urbana e o impacto na mobilidade: análise da cidade de Londrina-PR de 1990 a 2020. **Seminário Internacional de Investigación en Urbanismo**, n. 14, 2022. Doi: 10.5821/siiu.12159

Almeida, A., & Kan, L. Vulnerabilidade sócio ambiental de pescadores e marisqueiras em S. Francisco do Conde/Ba. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 5, n. 2, p. 29-46, 2016. <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2016v5i2.p29-46>

Bacchetta, G., Casti, M., & Zavattoni, L. Integration of vegetational and multitemporal analysis: a case study in the abandoned mine district of Montevecchio (South-western Sardinia). **Annali di Botanica**, v. 7, 2007. <https://doi.org/10.4462/annbotrm-9092>

BRASIL, E. Soluções baseadas na natureza e adaptação climática no Brasil. Revista LABVERDE, FAUUSP, São Paulo, v. 12, n. 1, p. e188817, 2022. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2022.188817>.

Campos, J. C. B., Silveira, J. A. R. D., Silva, G. J. A. D., Lima, E. R. V. D., Barros Filho, M. N. M., & Dantas, N. F. B. F. Proposal to assess quality of life and wellbeing in urban green areas. **Ambiente Construído**, v. 21, p. 97-115, 2021. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.20027351.v1>

CARVALHO, I.; ARANTES, R. “Cada qual no seu quadrado”: segregação socioespacial e desigualdades raciais na Salvador contemporânea. **EURE**, v. 47, n. 142, p. 49-72, 2021. <https://doi.org/10.7764/eure.47.142.03>.

Caudle, D. L., Beatty, A. E., Dunk, R. D., Ballen, C. J., & Henning, J. Environmental Injustice: When the Grass is Greener on the Other Side. **CourseSource**, v. 11, 2024.

Chakraborty, T., Hsu, A., Many, D., & Sheriff, G. Disproportionately higher exposure to urban heat in lower-income neighborhoods: a multi-city perspective. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 10, p. 105003, 2019. DOI 10.1088/1748-9326/ab3b99

Chang, C. Urban Green-Space: Environmental Justice & Green Gentrification. **Applied and Computational Engineering**, v. 61, p. 193-199, 2024. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/61/20240954>

Costa, M. A., dos Santos, M. P. G., Marguti, B., Pirani, N., Pinto, C. V. D. S., Curi, R. L. C., ... & de Albuquerque, C. G. **Vulnerabilidade social no Brasil: conceitos, métodos e primeiros resultados para municípios e regiões metropolitanas brasileiras**. Texto para Discussão, 2018. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_2364b.pdf

Coutinho, G. R., Santos, S. M. C. D., Gama, C. M., Silva, S. O. D., Santos, M. E. P. D., & Silva, N. D. J. Demographic and socio-environmental factors associated with household food insecurity in different territories of the city of Salvador, Bahia State, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 38, p. e00280821, 2022. <https://doi.org/10.1590/0102-311XPT280821>

Cutter, S. L., & Finch, C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 105, n. 7, p. 2301-2306, 2008. <https://doi.org/10.1073/pnas.0710375105>

de Loyola Hummell, B.M., Cutter, S.L. & Emrich, C.T. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 7, p. 111-122, 2016. <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>

Davino, C., Gherghi, M., Sorana, S., & Vistocco, D. Measuring social vulnerability in an urban space through multivariate methods and models. **Social indicators research**, v. 157, n. 3, p. 1179-1201, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02680-0>

- Declet-Barreto, J., Knowlton, K., Jenerette, G. D., & Buyantuev, A. Effects of urban vegetation on mitigating exposure of vulnerable populations to excessive heat in Cleveland, Ohio. **Weather, Climate, and Society**, v. 8, n. 4, p. 507-524, 2016. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-15-0026.1>
- Diniz, C. C., & Vieira, D. J. Brazil: accelerated metropolization and urban crisis. **Area Development and Policy**, v. 1, n. 2, p. 155-177, 2016. <https://doi.org/10.1080/23792949.2016.1202085>
- Emrich, C. T. **Social vulnerability in US metropolitan areas: improvements in hazard vulnerability assessment**. 2005. Tese de Doutorado. University of South Carolina.
- Guerrero, J. V., Escobar-Silva, E. V., Almeida, C. M. D., Caiche, D., dos Santos, A. M., & Nunes, F. G. Mapping Priority Areas for Urban Afforestation Based on the Relationship Between Urban Greening and Social Vulnerability Indicators. **Forests**, v. 16, n. 6, p. 936, 2025. <https://doi.org/10.3390/f16060936>
- Hosek, L. K. Tree cover of Accra's neighbourhoods—a green divide. In: **Urban Forum**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2019. p. 341-355. <https://doi.org/10.1007/s12132-019-09364-6>
- Hott, M. C., Carvalho, L. M., Antunes, M. A., Resende, J. C., & Rocha, W. S. Analysis of grassland degradation in Zona da Mata, MG, Brazil, based on NDVI time series data with the integration of phenological metrics. **Remote Sensing**, v. 11, n. 24, p. 2956, 2019. <https://doi.org/10.3390/rs11242956>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022: Panorama**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 16 de jul. 2024.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Salvador – Bahia, 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/salvador/panorama>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População em áreas de risco no Brasil**. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, 2018. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/6d4743b1a7387a2f8e69273970d77.pdf. Acesso em: 16 de jul. 2024.
- Ibiapino, T. R., & de Alencar Nääs, I. O efeito de resfriamento causado pela arborização como uma solução para o aquecimento urbano: um estudo de caso em Teresina, estado do Piauí, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e2969119870-e2969119870, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9870>
- Keller, A. B., Brandt, L. A., Cavender-Bares, J., Knight, J. F., & Hobbie, S. E. Tree diversity across the Minneapolis-St. Paul Metropolitan Area in relation to climate and social vulnerability. **Ecological Applications**, v. 34, n. 8, p. e3034, 2024. <https://doi.org/10.1002/eap.3034>
- Kuo, F. E. Social aspects of urban forestry: The role of arboriculture in a healthy social ecology. *Journal of Arboriculture* 29 (3): 148-155, v. 29, n. 3, 2003.
- Lee, S., & First, J. M. Investigation of the Microenvironment, Land Cover Characteristics, and Social Vulnerability of Heat-Vulnerable Bus Stops in Knoxville, Tennessee. **Sustainability**, v. 15, n. 14, p. 10866, 2023. <https://doi.org/10.3390/su151410866>
- Li, Z., Gurgel, H., Li, M., Dessay, N., & Gong, P. Urban land expansion from scratch to urban agglomeration in the Federal District of Brazil in the past 60 years. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 3, p. 1032, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031032>

- Lins-de-Barros, F. M., & Muehe, D. The smartline approach to coastal vulnerability and social risk assessment applied to a segment of the east coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal of coastal conservation**, v. 17, p. 211-223, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11852-011-0175-y>
- MARANHÃO, R. de A. Salvador diante das mudanças climáticas: uma análise econômico-financeira e os desafios da resiliência urbana. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 6, p. e10282-e10282, 2025. <https://doi.org/10.55905/oelv23n6-079>.
- Neto, A. T., & de Costa Trindade Amorim, M. C. SPATIOTEMPORAL EVALUATION OF SOCIAL VULNERABILITY IN URBAN SPACES IN BRAZIL: A PROPOSAL CONSIDERING THE CITY OF CUIABÁ, MT, BRAZIL. **RAEGA - O Espaço Geográfico Em Análise**, 53, 139–159. 2021. <https://doi.org/10.5380/raega.v53i0.79867>
- Oliveira, R. A. D., & da Silva, É. T. Dinâmica demografia e urbanização no Brasil: expressões atuais na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 44, p. 27-48, 2015.
- Havens, Z., Macko, S., & Mogensen, L. Discerning relationships between urban ecosystem connectivity and social vulnerability in a major US city. In: **EGU General Assembly Conference Abstracts**. 2023. p. EGU-13851. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-13851>
- Peres, O. M., & Saboya, R. Segregação socioespacial, morfologia da expansão e fragmentação socioeconômica em cidades brasileiras de porte médio. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 16, p. e20230192, 2024. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.016.e20230192>
- Petzold, J., & Mose, L. Urban greening as a response to climate-related heat risk: A Social–Geographical Review. **Sustainability**, v. 15, n. 6, p. 4996, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15064996>
- Pochmann, M., & Silva, L. C. D. Concentração espacial da produção e desigualdades sociais. **Revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 22, p. e202004, 2020. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202004>
- Projeto MapBiomias – **Coleção 2 (beta) da série de Mapas Anuais de Cobertura e Uso da Terra do Brasil com resolução espacial de 10 m**, acessado em 01 jul. 2025 através do link: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura_10m.
- Reis, G. de A., Ribeiro, A. J. A., & da Silva, C. A. U. Diagnóstico de Vulnerabilidade Socioambiental em Áreas Urbanas Utilizando Inteligência Geográfica. **Revista Brasileira De Geografia Física**, 13(2), 767–781, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p767-781>
- Santana, K. D. S. O., Júnior, A. D. O., de Jesus Bittencourt, L., Nascimento, M. M., Guimarães, I. C. S., Soares, É., ... & Fradkin, A. N. Analysis of the socio-environmental vulnerability of black and Caucasian pregnant women in Salvador, Bahia, Brazil to the occurrence of microcephaly associated with the congenital syndrome of zika virus. **Geospatial Health**, v. 15, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.4081/gh.2020.795>
- SANTOS, H. S.; OLIVEIRA, A. L. C. de; FREITAS, W. Diagnóstico socioambiental e análise gravimétrica de resíduos sólidos em três praias urbanas da cidade de Salvador (Bahia). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, 2023.
- SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Tipologia climática Köppen & Geiger: pluviometria 1981–2020 e temperatura 1991–2020 do estado da Bahia** [Cartograma]. Salvador: CRNA/CARTGEO, 2023. Disponível em:

https://ftp.sei.ba.gov.br/Geoinformacao/cartograma/estado/carto_tipclim-kg_ba_6v5m_2023_cor.pdf. Acesso em: 16 jul. 2024.

Sidique, U. Towards just cities: An environmental justice analysis of Aligarh, India. **Development in Practice**, v. 35, n. 3, p. 493-514, 2025. <https://doi.org/10.1080/09614524.2024.2441969>

Teron, L., & Endreny, T. A convergence of climate, social justice, and infrastructure policy enables forestry to cool cities. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 50, n. 7, p. 1718-1721, 2023. <https://doi.org/10.1177/23998083231195189>

Vima-Grau, S., Cornadó, C., & Garcia-Almirall, P. Socio-spatial analysis of the vulnerable urban fabric in the city of Barcelona. **VITRUVIO-International Journal of Architectural Technology and Sustainability**, v. 4, n. 2, p. 75-89, 2019. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2019.12559>

WHEATLEY, Mary Christine. Green Urbanism: Enhancing City Life Through Integrated Green Spaces. <https://doi.org/10.70389/PJES.100007>

Yang, X., Shi, T., Wang, Y., & Li, X. Research on social vulnerability evaluation of urban fringe based on street scale—Taking Chang’an district of Xi’an as an example. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019. p. 052018.

Zhou, W., Huang, G., Pickett, S. T., Wang, J., Cadenasso, M. L., McPhearson, T., ... & Wang, J. Urban tree canopy has greater cooling effects in socially vulnerable communities in the US. **One Earth**, v. 4, n. 12, p. 1764-1775, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.11.010>

Zhuang, Y., Xie, D., & Yu, X. Urban tree canopy and environmental justice: examining the distributional equity of urban tree canopy in Guangzhou, China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 5, p. 4050, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054050>