



PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

Dinâmica espacial e impactos às margens de um estuário na região metropolitana de Aracaju-SE

Ester Milena dos Santos¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8937-3767>
Jocimar Coutinho Rodrigues Junior² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4033-3243>
Daniella Rocha³ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1936-2816>
Gregorio Guirado Faccioli⁴ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2666-3606>

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, Brasil*

² Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, Brasil**

³ Universidade Federal de Sergipe, Aracaju/SE, Brasil***

⁴ Universidade Federal de Sergipe, Aracaju/SE, Brasil****

Artigo recebido em 15/09/2024 e aceito em 18/05/2025

RESUMO

As técnicas avançadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm simplificado a extração de informações para ordenação territorial e tomada de decisões. Os estuários tropicais brasileiros enfrentam pressão devido ao crescimento populacional e urbano, tornando-se locais de alta densidade demográfica passíveis de análise por meio dessas técnicas. Este estudo busca compreender as causas e consequências do crescimento urbano ao longo de 28 anos em um estuário em Aracaju, Sergipe, com foco nas condições sanitárias. A maior variação de crescimento ocorreu entre 1990 e 2000, cerca de 23%, impulsionada pelo desenvolvimento econômico. A maior redução de vegetação foi entre 2010 e 2016, com perda de 37%, devido à pressão imobiliária. Entre 2016 e 2018, observou-se intensificação do espaço urbano consolidado, não acompanhado pela infraestrutura básica adequada, especialmente o saneamento. Essas mudanças têm impactos como a degradação de ecossistemas, poluição da água, assoreamento do rio Poxim e inundações recorrentes, afetando os moradores. Resolver essas questões socioambientais requer uma abordagem mais efetiva do poder público, cumprindo a legislação vigente e considerando a estrutura urbana já estabelecida.

Palavras-chave: SIG; estuários tropicais; crescimento urbano; condições sanitárias.

* Engenheira Ambiental e Sanitarista. Doutoranda em Engenharia Civil – PPGEC UFPE. E-mail: ester.milena@ufpe.br

** Engenheiro Civil. Doutorando em Engenharia Civil – PPGEC UFPE. E-mail: jocimar.junior@ufpe.br

*** Doutora em Engenharia Civil. Professora do Departamento de Engenharia Ambiental - UFS. E-mail: daniellarocha.ufs@gmail.com

**** Doutor em Engenharia Agrícola. Professor do Departamento de Engenharia Agrícola – UFS. E-mail: gregorioufs@gmail.com

Spatial dynamics and impacts along the estuary banks in the metropolitan region of Aracaju-SE

ABSTRACT

Advanced Geographic Information Systems (GIS) techniques have simplified information extraction for territorial planning and decision-making. Brazilian tropical estuaries face pressure due to population and urban growth, becoming areas of high population density amenable to analysis using these techniques. This study aims to comprehend the causes and consequences of urban growth over 28 years in an estuary in Aracaju, Sergipe, with a focus on sanitary conditions. The greatest growth variation occurred between 1990 and 2000, approximately 23%, driven by economic development. The most significant vegetation reduction was between 2010 and 2016, with a loss of 37%, attributed to real estate pressure. Between 2016 and 2018, an intensification of consolidated urban space was observed, not accompanied by adequate basic infrastructure, especially sanitation. These changes have impacted such as ecosystem degradation, water pollution, silting of the Poxim River, and recurring flooding, affecting residents. Resolving these socio-environmental issues requires a more effective approach from the public authorities, complying with current legislation, and considering the existing urban structure.

Keywords: GIS; tropical estuaries; urban growth; sanitary conditions.

Dinámica espacial e impactos en las orillas de un estuario en la región metropolitana de Aracaju-SE

RESUMEN

Las técnicas avanzadas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) han simplificado la extracción de información para la planificación territorial y la toma de decisiones. Los estuarios tropicales brasileños enfrentan presión debido al crecimiento demográfico y urbano, convirtiéndose en áreas de alta densidad poblacional susceptibles de análisis mediante estas técnicas. Este estudio tiene como objetivo comprender las causas y consecuencias del crecimiento urbano a lo largo de 28 años en un estuario en Aracaju, Sergipe, con enfoque en las condiciones sanitarias. La mayor variación de crecimiento ocurrió entre 1990 y 2000, alrededor del 23%, impulsada por el desarrollo económico. La mayor reducción de vegetación fue entre 2010 y 2016, con una pérdida del 37%, debido a la presión inmobiliaria. Entre 2016 y 2018, se observó una intensificación del espacio urbano consolidado, no acompañada de una infraestructura básica adecuada, especialmente en saneamiento. Estos cambios tienen impactos como la degradación de los ecosistemas, la contaminación del agua, la sedimentación del río Poxim e inundaciones recurrentes, que afectan a los residentes. Resolver estos problemas socioambientales requiere un enfoque más efectivo por parte de las autoridades públicas, cumpliendo con la legislación actual y considerando la estructura urbana ya establecida.

Palabras clave: SIG; estuarios tropicales; crecimiento urbano; condiciones sanitarias.

INTRODUÇÃO

A intensificação processo de urbanização costeira provoca modificações territoriais sem precedentes, as quais demandam correspondente adaptação no paradigma de gestão dos ecossistemas costeiros e seus serviços ecossistêmicos (Barragán e Andrés, 2015). Essas alterações acarretam possíveis desequilíbrios hidrológicos, ameaçando não apenas a infraestrutura social, mas também os processos ambientais e ecossistêmicos, bem como os padrões de qualidade e a transferência de nutrientes (Barletta; Lima; Costa, 2019).

As zonas urbanas litorâneas, embora ocupem apenas cerca de 4% da extensão total da Terra e 11% de sua superfície oceânica, apresenta taxas de crescimento populacional acentuadas. Essas áreas abrigam mais de um terço da população global, com densidade populacional cerca de duas vezes superior às regiões interiores (Milon e Alvarez, 2019; Neumann et al., 2015). No Brasil, a extensa faixa litorânea, com mais de 8.500 km de extensão e quase 25% da população vive nessa área (Henke; Gonçalves; Oliveira, 2025).

Estuários e ecossistemas costeiros enfrentam ameaças crescentes devido à pressão antropogênica, sobretudo pelo crescimento das áreas urbanas. No contexto brasileiro, tal pressão remonta à era colonial, com exploração intensiva da Mata Atlântica, e volta a agravar-se em meados do século XX, impulsionada pelo boom turístico dessas regiões (Dias et al., 2013).

A expansão urbana nessas localidades, aliada à carência de políticas públicas apropriadas e investimentos em infraestrutura básica, como saneamento, tem impactado negativamente a qualidade desses ambientes. A combinação de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) emerge como ferramenta eficaz para detectar mudanças, aproveitando a abrangência espacial proporcionada por satélites, permitindo análise temporal da cobertura do solo, inclusive para avaliação de influências urbanas (Carstens; Amer, 2019; Namugize, Jewitt; Graham, 2018).

Estudos empregando essa abordagem permitem, entre outras aplicações, investigar o avanço urbano e sua interferência nos recursos ambientais, contribuindo para o planejamento embasado em decisões fundamentadas. Liu et al. (2020), em um intervalo de 15 anos, identificaram reduções nos serviços ecossistêmicos em uma bacia costeira na China, correlacionando essas alterações com atividades humanas e expansão urbana. A análise de Rojas et al. (2019) revelou que, apesar da implementação do Plano Urbano, a região costeira de Concepción (Chile) experimentou redução de 30% nas áreas úmidas protegidas durante o período de 2004 a 2014, devido à expansão urbana.

As metrópoles costeiras globais enfrentam desafios significativos, especialmente no que diz respeito ao cumprimento de regulamentações de preservação ambiental (Inouye et al., 2015), e a

cidade de Aracaju, capital do estado de Sergipe, não é exceção. Fruto de um projeto progressista do final do século XIX (Vilar, 2006), Aracaju apresenta vulnerabilidades decorrentes de sua formação geológica recente, das condições climáticas instáveis e da presença de ecossistemas frágeis tanto do ponto de vista físico quanto ecológico (Fontes, 2003; Santana; Araújo, 2016).

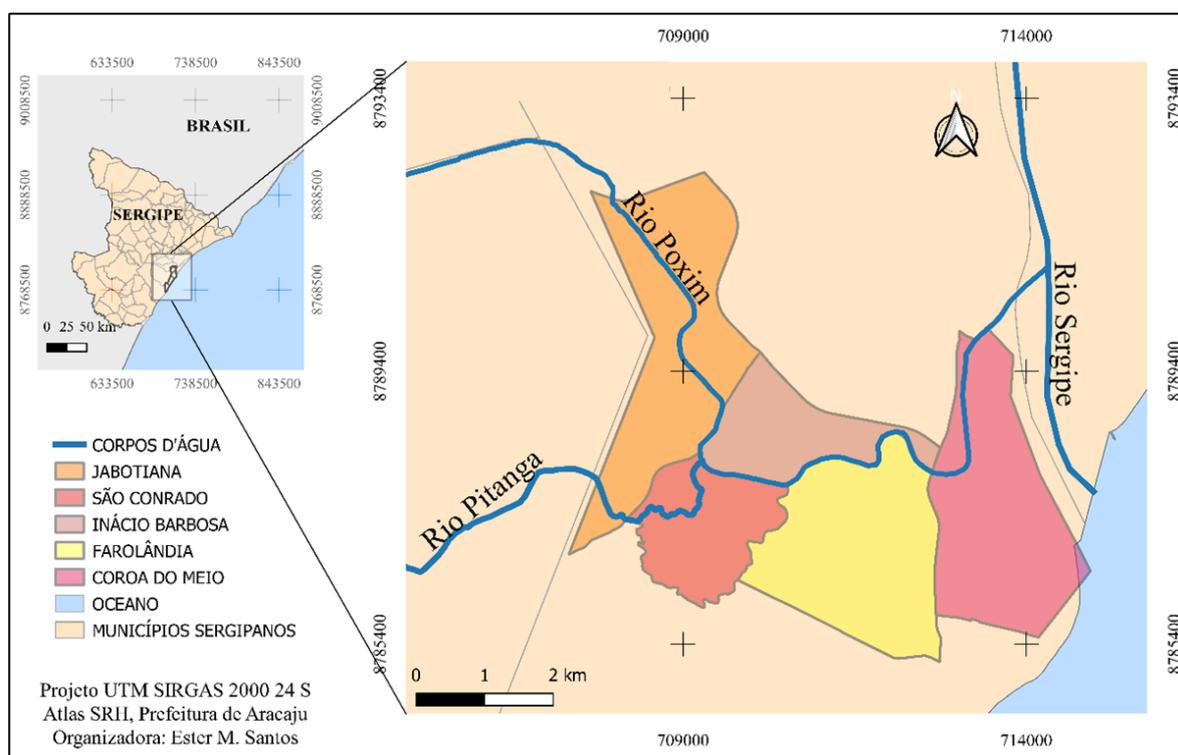
Um dos principais focos de tensão ambiental e urbana ocorre no estuário do rio Poxim, onde há conflitos relacionados à ocupação irregular, expansão imobiliária desordenada, degradação de manguezais e lançamento de efluentes domésticos e industriais sem o devido tratamento. Tais práticas comprometem a qualidade da água, ameaçam a biodiversidade local e evidenciam a fragilidade da governança ambiental na região. A ausência de fiscalização efetiva e a pressão por crescimento urbano intensificam os impactos negativos, tornando urgente a necessidade de políticas públicas integradas e sustentáveis para a preservação desse importante ecossistema estuarino.

Este estudo visa compreender as razões e implicações da expansão do espaço urbano nos anos de 1990, 2000, 2010, 2016 e 2018 nas regiões limítrofes do estuário do rio Poxim. Os conflitos entre desenvolvimento urbano e conservação ambiental, que têm marcado o processo de urbanização do município, estimulam a necessidade de redefinir o rumo em direção a um crescimento urbano sustentável.

METODOLOGIA

A região de interesse delimita-se ao segmento estuarino do rio Poxim, situado inteiramente no território do município de Aracaju, estado de Sergipe. Seus contornos são definidos pela Rodovia João Bebe Água (SE-065) e sua foz na região da Maré do Apicum, em proximidade ao Parque dos Cajueiros (Avenida Beira Mar), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Área de Estudo.



Fonte: autores (2020).

As modificações no espaço geográfico foram abordadas por meio de metodologias de geoprocessamento e cartografia, tendo como foco a análise do processo de urbanização em diferentes intervalos temporais nas zonas correspondentes aos bairros em questão. Empregou-se imagens obtidas pelo satélite *Landsat*, com resolução de 30 metros, datadas dos anos de 1990, 2000, 2010, 2016 e 2018. Essas imagens foram obtidas de forma gratuita a partir da *United States Geological Survey* (USGS), mediante a plataforma USGS EarthExplorer.

A seleção dos períodos de observação considerou, preferencialmente, os levantamentos demográficos decenais como referência temporal. Optou-se pelas imagens com melhor qualidade atmosférica disponíveis nos anos estipulados, priorizando aquelas com menor interferência atmosférica. As especificações das imagens utilizadas encontram-se detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Informações gerais das imagens de satélite adquiridas.

| IMAGEM 1990 | IMAGEM 2000 | IMAGEM 2010 | IMAGEM 2016 | IMAGEM 2018 |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Satélite Landsat 5 | Satélite Landsat 7 | Satélite Landsat 5 | Satélite Landsat 8 | Satélite Landsat 8 |
| Instrumento/sensor TM | Instrumento/sensor TM | Instrumento/sensor ETM | Instrumento/sensor OLI | Instrumento/sensor OLI |
| Órbita/Ponto 215/67 | Órbita/Ponto 215/67 | Órbita/Ponto 215/67 | Órbita/Ponto 215/68 | Órbita/Ponto 215/68 |
| 02/06/1990 | 30/12/2000 | 25/06/2010 | 13/09/2016 | 11/03/2018 |
| Bandas 5 4 3 | Bandas 7 4 2 | Bandas 5 4 3 | Bandas 6 5 4 | Bandas 6 5 4 |

*Organizado pelos autores com dados do INPE e da USGS.

Empregou-se o software de código aberto QuantumGis no processo de geoprocessamento das imagens e na elaboração cartográfica. As etapas executadas seguiram a sequência delineada a seguir: Pré-processamento, Classificação Supervisionada do Uso e Ocupação e, por fim, a Geração Cartográfica do Uso e Ocupação.

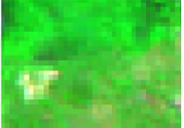
Para o pré-processamento, as três bandas espectrais foram combinadas para cada ano analisado, resultando em composições coloridas que evidenciaram as categorias de interesse. Para a geração das imagens em cores naturais (*True Color*), foi utilizada a combinação das bandas 4 (vermelho), 3 (verde) e 2 (azul). Previamente a esta etapa, as imagens passaram por um processo de reprojeção (*Reproject Layer*) para se alinhar ao Sistema Geodésico Brasileiro - SIRGAS2000, zona 24S. Em seguida, as bandas foram combinadas (*Merge*) em uma composição colorida, a qual proporcionou uma visualização adequada das classes durante as análises. Esta composição resultante foi então recortada, utilizando como máscara os polígonos correspondentes aos limites dos bairros adjacentes ao rio Poxim, nomeadamente Jabotiana, São Conrado, Inácio Barbosa, Farolândia e Coroa do Meio (Aracaju, 2015).

Na fase subsequente, relacionada à classificação supervisionada, empregou-se o plugin *Semi-Automatic Classification*. Esse plugin recorre a um algoritmo capaz de determinar os pixels que refletem valores de reflectância característicos para cada classe. O algoritmo Maximum Likelihood (Maxver) assume que os dados de cada classe apresentam uma distribuição estatística normal (gaussiana) e estima a probabilidade de cada pixel pertencer a uma determinada classe, com base na média e na variância das amostras previamente definidas. A classificação é realizada atribuindo cada

pixel à classe com maior probabilidade estatística, conforme os parâmetros extraídos das amostras de treinamento (Maia et al., 2017; Pereira e Guimarães, 2019).

No contexto deste estudo, quatro categorias foram selecionadas para avaliação. O Quadro 2 ilustra estas categorias: a classe de água, que abrange tanto corpos d'água naturais quanto artificiais; a classe de solo exposto, compreendendo áreas desprovidas de vegetação no momento da aquisição da imagem; a classe de vegetação, englobando diferentes formações como manguezais, mata ciliar, floresta ombrófila, espaços verdes urbanos e restingas; e, por último, a classe de áreas urbanas, que inclui aglomerados de edifícios, casas e infraestruturas urbanas.

Quadro 2 - Exemplo dos conjuntos de pixels por classes de uso.

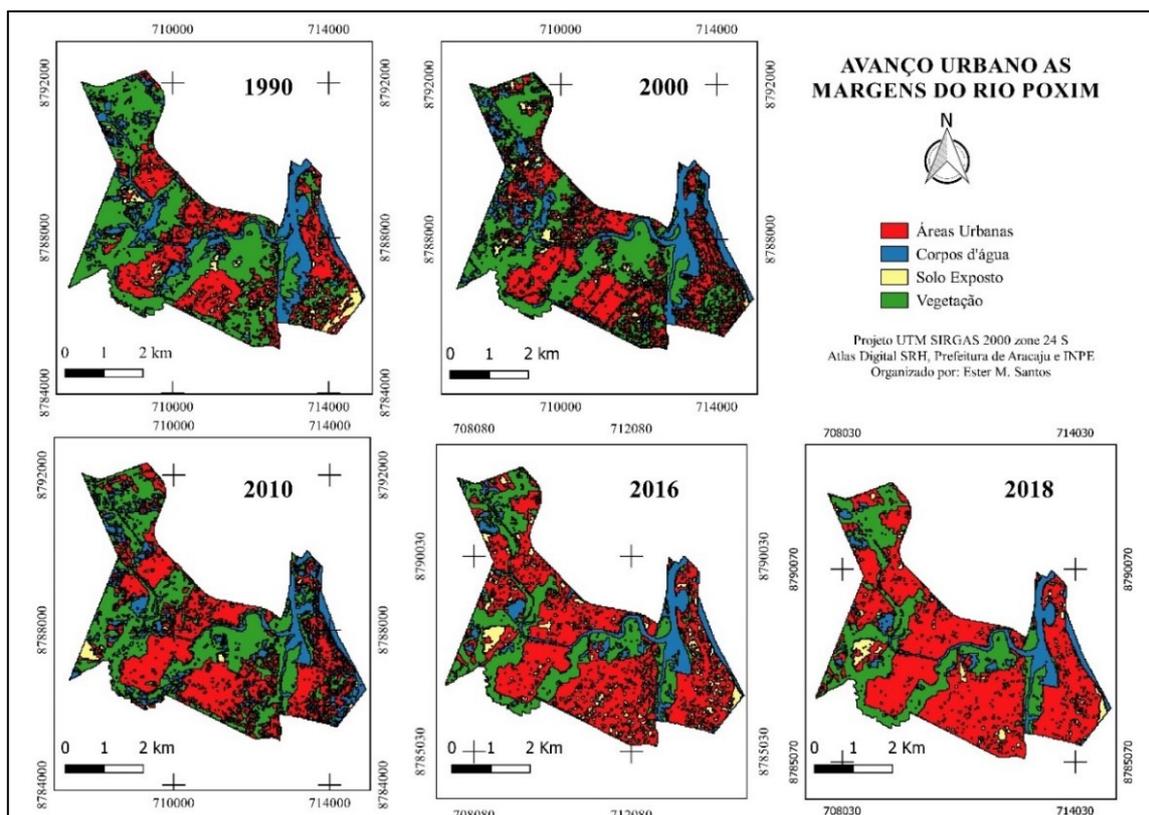
| ÁGUA | SOLO EXPOSTO | VEGETAÇÃO | ÁREAS URBANAS |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |

Para avaliar a eficácia do classificador, recorreu-se às métricas da Acurácia Global (AG), determinada através da matriz de confusão, e ao Coeficiente Kappa (CK). Estes indicadores fundamentam-se na comparação da assinatura espectral dos pixels, que representam amostras da imagem original, com os pixels resultantes da classificação. Essa abordagem permite avaliar a concordância entre as categorias atribuídas pelo algoritmo de classificação e as amostras do mundo real (Mangabeira; Azevedo; Lamparelli, 2003). Valores de AG superiores a 85% (Anderson, 1971) ou CK excedendo 0,61 (Landis e Koch, 1977) denotam níveis aceitáveis de precisão no processo. Na avaliação temporal das mudanças no uso e cobertura do solo, as análises percentuais foram realizadas com base na área efetivamente classificada em cada ano, de forma a auxiliar a interpretação das mudanças espaciais entre os diferentes intervalos temporais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o resultado cartográfico originado do processo de classificação supervisionada. É evidente que, ao longo de um período de 28 anos, as características naturais das áreas que circundam o rio Poxim foram profundamente alteradas, devido diretamente ao progresso e à consolidação das áreas urbanas.

Figura 2 - Dinâmica de uso e ocupação nas margens do rio Poxim.



Os padrões de expansão urbana representados pela Figura 2 podem estar intrinsecamente vinculados a diferentes momentos e fatores que propiciaram o processo de urbanização em Aracaju. Esses padrões demonstram concordância com duas fases identificadas por Nascimento e Araújo (2018): uma fase de expansão, que teve início no final da década de 1960, e uma fase de provisão, que emergiu a partir de 2010.

No contexto da primeira metade do século XX, uma expansão horizontal das áreas urbanas voltada para a população de baixa e média renda foi favorecida. Esse desenvolvimento foi impulsionado pelo crescimento das atividades econômicas e pelo mercado imobiliário, culminando na criação de conjuntos habitacionais de cunho social e no surgimento de aglomerados habitacionais ao longo do estuário do rio Poxim (Campos, 2006).

Por outro lado, as duas primeiras décadas do século XXI testemunharam a estruturação de um arcabouço legal ambiental e a emergência da fase de provisão. Essa última fase teve seu início marcado pela transferência da gestão habitacional para o Ministério das Cidades, conforme destacado por Santos e Vargas (2007). Durante esse período, um projeto governamental foi direcionado à provisão de edificações e habitações.

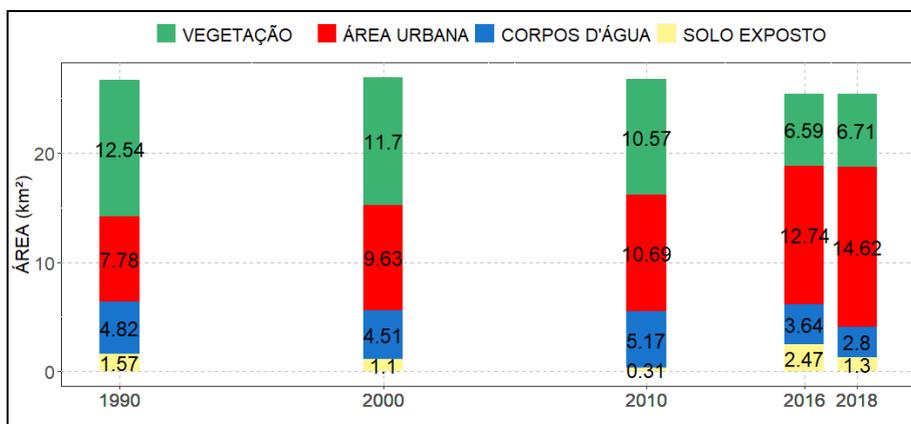
Os valores obtidos para a Acurácia Global (AG) e o Coeficiente Kappa (CK), conforme apresentados na Tabela 1, indicam níveis aceitáveis de precisão para o processo de classificação. As confusões espectrais na categoria de vegetação são comuns em classificações de uso e cobertura do solo. Elas confusões são frequentemente atribuídas à similaridade espectral entre diferentes tipos de vegetação e às alterações causadas por atividades humanas. Os estudos de Osuna-Osuna et al. (2015) observaram confusões espectrais entre classes de vegetação natural e áreas perturbadas, atribuídas à similaridade espectral entre essas classes e às alterações causadas por atividades antropogênicas. Já Gonçalves et al. (2016), relataram dificuldades na distinção entre os dois tipos florestais devido à alta similaridade espectral, especialmente nas bandas utilizadas (3, 4 e 5 do Landsat 5 TM).

Tabela 1 - Validação dos mapas de uso e ocupação.

| ANO | ACURÁCIA GLOBAL (%) | COEFICIENTE KAPPA |
|------|---------------------|-------------------|
| 1990 | 91,43 | 0,86 |
| 2000 | 82,97 | 0,72 |
| 2010 | 92,91 | 0,87 |
| 2016 | 87,33 | 0,77 |
| 2018 | 93,16 | 0,86 |

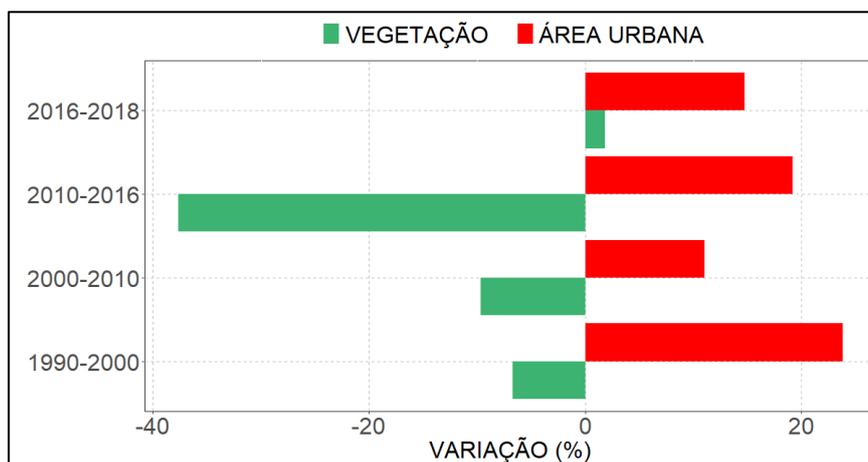
Do ponto de vista quantitativo, a Figura 3 permite a identificação de algumas alterações notáveis. A primeira variação ocorre entre 1990 e 2010, caracterizada por uma diminuição da área coberta por vegetação, que passou de 12,54 km² para 10,57 km², ao mesmo tempo em que a área urbana experimentou um aumento de 7,78 km² para 10,69 km². A segunda variação ocorre entre 2010 e 2016, revelando uma redução acelerada nas classes mencionadas, resultando em uma área vegetada de 6,59 km² e uma expansão das áreas urbanas para 12,74 km². Por fim, a terceira variação evidencia uma estabilização das áreas de vegetação, acompanhada de um aumento para 14,62 km² nas áreas urbanas.

Figura 1 - Alteração das classes ambientais ao longo dos 28 anos.



Do ponto de vista percentual, conforme ilustrado na Figura 4, as variações mais significativas em termos de aumento urbano foram registradas nos intervalos temporais de 1990 a 2000 e de 2010 a 2016, correspondendo a aproximadamente 23% e 19%, respectivamente. Por outro lado, a maior redução da cobertura vegetal foi observada entre 2010 e 2016, totalizando cerca de 37% de diminuição da área de vegetação em relação ao total de vegetação existente em 2010.

Figura 2 - Variações entre as classes de vegetação e urbanização.



Entre 1990 e meados dos anos 2000, a expansão urbana que se observa pode estar intrinsecamente relacionada com a fase de crescimento expansionista. Durante este período, foi testemunhada uma notável expansão das áreas urbanas, um aumento estimado em 23%. Este

incremento pode ser atribuído, em parte, à criação de conjuntos habitacionais, embora à custa de uma significativa redução na cobertura vegetal, aproximadamente 6,7%.

Quando se aborda a temática do saneamento básico, a implementação dos sistemas de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto sanitário esbarrou em desafios que englobavam a celebração de contratos, a obtenção de investimentos e a adaptação a condições físicas específicas da região de Aracaju, incluindo a busca por mananciais de boa qualidade. Esses obstáculos foram enfrentados por meio da canalização das águas do rio Poxim e do seu afluente, Pitanga (Santana, 1999; Silva, 2016). No entanto, o aumento populacional em Aracaju trouxe consigo desafios adicionais, como o esgotamento dos recursos do sistema subdimensionado, ligações clandestinas aos sistemas de águas pluviais e a necessidade de revitalização da bacia do rio Poxim. Essa última questão foi abordada por meio de propostas de estudos e projetos de regulação hídrica, datando de 1984 (Santana, 1999).

O período compreendido entre os anos 2000 e 2010 se destacou por uma expansão urbana expressiva, caracterizada pela ocupação de áreas previamente cobertas por vegetação. De acordo com Santos e Vargas (2007), que basearam suas análises nos dados censitários de 2010, houve um crescimento notável nos bairros de Jabotiana, São Conrado e Inácio Barbosa, onde se concentraram habitações destinadas à classe média. Além disso, no bairro de Farolândia, houve também ocupação, predominantemente por edifícios populares, assim como uma expansão em direção à porção leste com edifícios destinados à classe média alta.

Entretanto, o período mais significativo em termos de mudança ocorreu entre 2010 e 2016. Durante esse intervalo, observa-se um novo "boom" nas categorias relacionadas à vegetação e urbanização, conforme apresentado na Figura 4. Uma notável redução percentual, aproximando-se de 40%, na cobertura vegetal é acompanhada por um aumento de 20% na urbanização. Essa tendência pode ser atribuída, entre outros fatores, à pressão substancial exercida pelo mercado imobiliário, estimulada por programas governamentais de habitação de interesse social.

No que concerne aos índices de coleta e tratamento de esgoto sanitário, Aracaju apresenta uma taxa superior à média nordestina, com 53,07% dos efluentes coletados e tratados (BRASIL, 2020). Contudo, essa análise em escala macro não reflete a realidade da maioria dos bairros, especialmente àqueles situados às margens do rio Poxim. Nesse contexto, apenas o bairro São Conrado alcança 100% de cobertura no saneamento, enquanto Inácio Barbosa e Coroa do Meio possuem, respectivamente, 70% e 50% de coleta.

O crescimento urbano desordenado ao longo das margens do estuário, combinado com a lacuna no saneamento básico, resulta em várias implicações. Isso inclui a deficiência no atendimento de esgoto sanitário, afetando a qualidade das águas do estuário (Daltro Filho et al., 2014; Souza et al., 2020; 2018), além do risco de enchentes e inundações devido à supressão das margens ciliares e impermeabilização do solo (Aragão et al., 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal do uso e ocupação do solo nas margens do rio Poxim evidenciou transformações espaciais ao longo das últimas décadas, com destaque para a intensificação da expansão urbana entre 1990 e 2016. Esse crescimento ocorreu, em grande parte, ameaçando a cobertura vegetal e reflete um processo contínuo de conversão de ambientes naturais ou seminaturais em áreas urbanizadas.

A cartografia resultante da classificação supervisionada, aliada aos índices de acurácia e ao histórico urbano de Aracaju, permitiu identificar dois momentos distintos de expansão: uma fase inicial, associada à criação de conjuntos habitacionais e ao crescimento horizontal impulsionado pelo mercado imobiliário; e uma fase mais recente, marcada por políticas públicas de provisão habitacional e forte pressão antrópica sobre áreas remanescentes.

Os resultados também indicam que a urbanização se deu de forma desordenada, comprometendo significativamente as funções ambientais da vegetação ciliar e gerando impactos socioambientais relevantes. Dentre eles, destacam-se a ampliação do déficit de saneamento básico em bairros marginais ao rio, a poluição hídrica por lançamentos inadequados de esgoto e o aumento do risco de inundações devido à impermeabilização do solo e supressão da vegetação ribeirinha.

Ainda que a classificação tenha apresentado bons índices de acurácia, limitações inerentes ao sensoriamento remoto — como confusões espectrais na categoria de vegetação — exigem cautela na interpretação de algumas variações detectadas, especialmente nos anos de 2000 e 2016. Tais desafios reforçam a importância do cruzamento com dados históricos, legais e socioeconômicos para uma leitura mais acurada das dinâmicas urbanas.

Dessa forma, há uma necessidade de planejamento urbano ambientalmente responsável, que considere a preservação de áreas verdes, a regularização fundiária e a universalização do saneamento

básico como pilares fundamentais para a sustentabilidade da bacia do rio Poxim e para a melhoria da qualidade de vida da população aracajuana.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. R. Land-Use Classification Schemes-used in selected recent geographic applications of remote sensing. **Photogrammetric Engineering**, v. 37, n. 4, p. 379–387, 1971.

ARACAJU. **Diagnóstico do Plano Integrado de Saneamento Básico de Aracaju**. Aracaju: UFS, 2015.

ARAGÃO, R. DE; CRUZ, M. A. S.; CORREIA, E. C. DE O.; MACHADO, L. F. M.; FIGUEIREDO, E. E. DE. Impacto do uso do solo pelo aumento da densidade populacional sobre o escoamento numa área urbana do Nordeste Brasileiro via geotecnologias e modelagem hidrológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 543–557, 2017.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019** Brasília-DF Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento, , 2020.

CAMPOS, A. C. A construção da cidade segregada: o papel do Estado na Urbanização de Aracaju. *In: O Ambiente Urbano: visões geográficas de Aracaju*. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006. p. 223–243.

CARSTENS, D.; AMER, R. Spatio-temporal analysis of urban changes and surface water quality. **Journal of Hydrology**, v. 569, n. August 2018, p. 720–734, 2019.

DALTRO FILHO, J.; FONSECA, L. DE M.; NOU, G. C. G.; NOBRE, F. S. DE M. Aspectos Gerais Sobre a Qualidade Ambiental E Sanitária De Um Rio Urbano : O Caso Do Trecho Urbano Do Rio Poxim , Situado No Bairro. **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p. 1–7, 2014.

DIAS, J. A.; CEARRETA, A.; ISLA, F. I.; MAHIQUES, M. M. DE. Anthropogenic impacts on Iberoamerican coastal areas: Historical processes, present challenges, and consequences for coastal zone management. **Ocean and Coastal Management**, v. 77, p. 80–88, 1 jun. 2013.

FONTES, A. L. **O QUATERNÁRIO COSTEIRO E O MUNICÍPIO DE ARACAJU(SE)** CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 2., CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9., CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICAS, 2. **Anais...** Recife: 2003

GONÇALVES, W. G. E; RIBEIRO, H. M. C.; SÁ, J. A. S. DE; MORALES, G. P.; FERREIRA FILHO, H. R.; ALMEIDA, A. D. C. Classificação de estratos florestais utilizando redes neurais artificiais e dados de sensoriamento remoto. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 3, p. 612, 23 jun. 2016.

HENKE, D.; GONÇALVES, R. R.; OLIVEIRA C. R. Economia costeira do Rio Grande do Sul: mensuração e perfil setorial. **Geosul**, v. 40, n. 92, p. 178-206, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2025.e96209>.

INOUYE, C. E. N.; SOUSA, W. C. DE; FREITAS, D. M. DE; SIMÕES, E. Modelling the spatial dynamics of urban growth and land use changes in the north coast of São Paulo, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 108, p. 147–157, 1 maio 2015.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159–174, 1977.

LIU, Y.; HOU, X.; LI, X.; SONG, B.; WANG, C. Assessing and predicting changes in ecosystem service values based on land use/cover change in the Bohai Rim coastal zone. **Ecological Indicators**, v. 111, p. 106004, 1 abr. 2020.

MAIA, M. A.; RODRIGUES, N. B.; RITCHER, M.; RUBIM, I. **Modelos de correção atmosférica aplicados em imagens do sensor OLI/ Landsat 8 a partir do uso de programas gratuitos: uma análise comparativa**. Proceedings of the American Mathematical Society. **Anais...Santos: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2017

MANGABEIRA, J. A. DE C.; AZEVEDO, E. C. DE; LAMPARELLI, R. A. C. AVALIAÇÃO DO LEVANTAMENTO DO USO DAS TERRAS POR IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA E MÉDIA RESOLUÇÃO ESPACIAL. p. 1–4, 2003.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

NAMUGIZE, J. N.; JEWITT, G.; GRAHAM, M. Effects of land use and land cover changes on water quality in the uMngeni river catchment, South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 105, n. April 2017, p. 247–264, 2018.

NASCIMENTO, M. M.; ARAÚJO, H. M. DE. A urbanização extensiva de Aracaju e a formação de novos aglomerados habitacionais: avaliação a partir da desagregação de dados dos CENSOS-IBGE. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 52, p. 166, 2018.

NASCIMENTO, M. M. P. DO; ARAÚJO, H. M. DE. Ocupação habitacional na Região Metropolitana de Aracaju/SE: Relações com o ambiente e condições de infraestrutura urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 160–175, 2017.

OSUNA-OSUNA, A. K.; DÍAZ-TORRES, J. D. J.; ANDA-SÁNCHEZ, J. DE; VILLEGAS-GARCÍA, E.; GALLARDO-VALDEZ, J.; DAVILLA-VAZQUEZ, G.; DAVILA-VAZQUEZ, G. Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 2, p. 350–362, 30 abr. 2015.

PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F. MAPEANDO USOS/COBERTURAS DA TERRA COM Semi-automatic Classification Plugin: QUAIS DADOS, CLASSIFICADOR E ESTRATÉGIA AMOSTRAL? **Nativa**, v. 7, n. 1, p. 70, 2019.

ROJAS, C.; MUNIZAGA, J.; ROJAS, O.; MARTÍNEZ, C.; PINO, J. Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: Lessons for sustainable land use planning. **Land Use Policy**, v. 80, p. 47–56, 1 jan. 2019.

SANTANA, J. L. **História do saneamento básico em Sergipe**. [s.l.] Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO, 1999.

SANTANA, L. B. DE; ARAÚJO, H. M. DE. Avaliação da fragilidade ambiental e riscos associados da região metropolitana de Aracaju/ Sergipe. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, n. 0, p. 1347–1357, 2016.

SANTOS, W. R. DE A.; VARGAS, M. A. M. Apropriações na Construção do Urbano na Cidade de Aracaju / SE *. v. 3, p. 117–123, 2007.

SILVA, D. A. DA. **Nos (dos) Meandros Ambientais : A Natureza das Águas Urbanas em Aracaju**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE, 2016.

SOUZA, M. R. DOS R. *et al.* The impact of anthropogenic activity at the tropical Sergipe-Poxim estuarine system, Northeast Brazil: Fecal indicators. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, n. September 2019, p. 111067, 2020.

SOUZA, M. R. R.; SANTOS, E.; SUZARTE, J. S.; CARMO, L. O.; FRENA, M.; DAMASCENO, F. C.; ALEXANDRE, M. R. Concentration, distribution and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Poxim River sediments, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 127, n. October 2017, p. 478–483, 2018.

SPERLING, M. VON. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

VILAR, J. W. C. Evolução da Paisagem Urbana do Centro de Aracaju. *In*: ARAÚJO, H. M. DE; VILAR, J. W. C.; WANDERLEY, L. DE L.; MELO E SILVA, R. (Eds.). **O ambiente urbano: visões geográficas de Aracaju**. São Cristóvão: Departamento de Geografia da UFS, 2006. p. 45–65.