

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO LOW CODE PARA O CÁLCULO DO ÍNDICE DE ÁREA VERDE EM CONTEXTO URBANO

DEVELOPMENT OF A LOW-CODE APPLICATION FOR CALCULATING THE
GREEN AREA INDEX IN URBAN ENVIRONMENTS

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN LOW CODE PARA EL CÁLCULO DEL
ÍNDICE DE ÁREA VERDE EN ENTORNOS URBANOS

Gerlany Lacerda Dias¹, Lucas de Melo Falcão², Vânia Soares de Carvalho³, Ioná Maria Beltrão
Rameh Barbosa⁴, Christianne Torres de Paiva⁵, Diogo Henrique Fernandes da Paz⁶

DOI: 10.54899/dcs.v22i85.3984

Recibido: 08/12/2025 | Aceptado: 10/12/2025 | Publicación en línea: 30/12/2025.

RESUMO

O crescimento urbano acelerado e os impactos ambientais crescentes reforçam a necessidade de ferramentas tecnológicas que apoiem o planejamento e a gestão de áreas verdes nas cidades. Este estudo apresenta o desenvolvimento de uma aplicação web baseada em plataforma low code para calcular o Índice de Área Verde (IAV) em municípios da Região Metropolitana do Recife. A solução integra dados geoespaciais, imagens de alta resolução do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) e recursos do ArcGIS Experience Builder, permitindo delimitar áreas verdes, somar suas superfícies e gerar automaticamente a média do IAV. A metodologia envolveu a definição de requisitos funcionais e não funcionais, a elaboração de mosaicos a partir de imagens LiDAR e a criação de widgets personalizados em Typescript e React. Os resultados indicam que a plataforma low code proporcionou agilidade no desenvolvimento da aplicação e uma interface intuitiva para diferentes perfis de usuários. Apesar de limitações relacionadas a funcionalidades não nativas, a ferramenta mostrou-se eficaz para apoiar análises ambientais e subsidiar o planejamento urbano. Conclui-se que a integração de tecnologias GIS com plataformas low code é uma estratégia promissora para ampliar o acesso a indicadores territoriais e fortalecer políticas públicas voltadas à sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Aplicações Low Code. Índice de Área Verde. Geoprocessamento. Planejamento Urbano.

¹ Mestre em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

E-mail: gerlany@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-4532-0109>

² Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Instituto Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: lmf4@discente.ifpe.edu.br

³ Doutora em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

E-mail: vaniacarvalho@recife.ifpe.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8849-7095>

⁴ Doutora em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

E-mail: ionarameh@recife.ifpe.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5795-1398>

⁵ Doutora em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

E-mail: christianne.torres@vitoria.ifpe.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1050-693X>

⁶ Doutor em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

E-mail: diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0507-0545>

ABSTRACT

Rapid urban growth and increasing environmental impacts highlight the need for technological tools to support the planning and management of urban green areas. This study presents the development of a low-code web application designed to calculate the Green Area Index for municipalities in the Metropolitan Region of Recife. The solution integrates geospatial data, high-resolution imagery from the Pernambuco Tridimensional Program (PE3D), and ArcGIS Experience Builder features, enabling users to delineate green-area polygons, sum vegetated surfaces, and automatically generate the average IAV. The methodology included defining functional and non-functional requirements, creating mosaics from LiDAR images, and implementing customized widgets using Typescript and React. Results show that the low-code platform accelerated application development and offered an intuitive interface for users with different technical backgrounds. Despite limitations related to non-native functionalities, the tool proved effective in supporting environmental analyses and urban planning activities. The study concludes that integrating GIS technologies with low-code platforms is a promising strategy to expand access to territorial indicators and strengthen public policies aimed at urban sustainability.

Keywords: Remote Sensing. Low-Code Applications. Green Area Index. Geoprocessing. Urban Planning.

RESUMEN

El rápido crecimiento urbano y los crecientes impactos ambientales evidencian la necesidad de herramientas tecnológicas que apoyen la planificación y gestión de áreas verdes en las ciudades. Este estudio presenta el desarrollo de una aplicación web basada en una plataforma low code para calcular el Índice de Área Verde (IAV) en municipios de la Región Metropolitana de Recife. La solución integra datos geoespaciales, imágenes de alta resolución del Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) y recursos del ArcGIS Experience Builder, permitiendo delimitar polígonos de áreas verdes, sumar sus superficies y generar automáticamente el promedio del IAV. La metodología incluyó la definición de requisitos funcionales y no funcionales, la elaboración de mosaicos con imágenes LiDAR y la implementación de widgets personalizados en Typescript y React. Los resultados indican que la plataforma low code agilizó el desarrollo de la aplicación y ofreció una interfaz intuitiva para diferentes perfiles de usuarios. A pesar de limitaciones relacionadas con funcionalidades no nativas, la herramienta fue eficaz para apoyar análisis ambientales y acciones de planificación urbana. Se concluye que la integración de tecnologías SIG con plataformas low code constituye una estrategia prometedora para ampliar el acceso a indicadores territoriales y fortalecer políticas públicas orientadas a la sostenibilidad urbana.

Palabras clave: Teledetección. Aplicaciones Low Code. Índice de Área Verde. Geoprocementario. Planificación Urbana.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A cada ano as cidades brasileiras vem enfrentando diferentes desafios, considerados complexos devido ao rápido crescimento populacional e à intensificação da urbanização, o que exige da gestão municipal uma abordagem inovadora e estratégica nas áreas urbanas. Aliada a busca do desenvolvimento e crescimento das cidades, encontra-se a integração de tecnologias de informação e comunicação, que desempenham um papel crucial na busca por soluções eficientes e sustentáveis, como o Sensoriamento Remoto (SR) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utilizados para desenvolvimento de soluções de problemas estruturais e de qualidade de vida enfrentados pelas comunidades urbanas.

SR e SIG são ferramentas computacionais que permitem a captura, armazenamento, análise e apresentação de dados georreferenciados. Possibilitam que os usuários visualizem informações em forma de mapas e realizem análises espaciais para entender melhor os padrões e relações geográficas. A possibilidade de SIG para a gestão de áreas verdes urbanas possibilita um monitoramento mais atual das condições do verde urbano nas cidades. A utilização dessas tecnologias na gestão dessas áreas verdes auxilia os gestores e promove uma melhor conservação e preservação da qualidade de vida da população urbana.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma aplicação web low code que possibilite a média do cálculo do índice de área verde em Recife e diferentes municípios da Região Metropolitana do Recife.

REFERENCIAL TEÓRICO

Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica e Plataformas Low Code

O sensoriamento remoto (SR) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas computacionais que permitem a captura, armazenamento, análise e apresentação de dados georreferenciados. Eles permitem que os usuários visualizem informações em forma de mapas e realizem análises espaciais para entender melhor os padrões e relações geográficas. É uma tecnologia que permite realizar o diagnóstico e análise da morfologia da superfície terrestre, amplamente utilizados em diversas áreas, incluindo planejamento urbano, gestão ambiental, agricultura, saúde pública e muitas outras, por meio da integração de vários dados procedentes

de diversas fontes, dentro de uma base única (Sutton; Dassault; Sutton M., 2009, Coutinho Filho, 2015). As imagens de satélite, produtos do SR, têm evoluído bastante em termos de resolução espacial, permitindo estudos cada vez mais precisos na avaliação da mudança temporal da cobertura vegetal e os possíveis impactos numa região (Santos *et al.*, 2018). Os SIG, enquanto ferramenta de análise espacial, permitem comparar informações qualitativas e quantitativas, se constituindo numa ferramenta computacional indispensável no apoio a tomada de decisões, uma vez que modelam geoinformações, possibilitando um melhor entendimento do problema a ser solucionado (Santos, 2012).

O SIG foi desenvolvido inicialmente para a gestão de dados censitários e recursos naturais, e posteriormente passou a ser uma ferramenta importante para o planejamento e monitoramento do território em suas mais diferentes áreas de pesquisa, como administração de áreas, análise demográfica, engenharia, ambiente, marketing, finanças, modelação, concordância, serviço ao cliente, dentre outras (Melo *et al.*, 2015).

A evolução das tecnologias e sistemas de informação facilitam a seleção e cruzamento de diversas variáveis, como as consideradas nas análises ambientais, permitindo a agilidade para análise dos dados e geração de resultados (Hoff; Leite; Zouain, 2010; Calderano Filho *et al.*, 2018). Como podem ter múltiplos usos para a aplicação do SIG, devido processamento de muitos tipos de informação espacial, pode-se dizer que a tecnologia também se relaciona com a gestão ambiental.

Nessa área de conhecimento, a tecnologia auxilia na representação visual e localização dos dados de monitoramento e regularização das atividades da gestão ambiental e as questões que afetam diretamente os recursos naturais. É possível fazer a gestão do espaço de forma mais eficiente, a partir das pesquisas detalhadas que o SIG possibilita realizar sobre diferentes temáticas como topografia, clima, geologia, vegetação, fauna, e fatores socioeconômicos (Ramirez, 2018).

Dessa forma, é possível apontar quatro dimensões relacionados aos problemas e estudos ambientais que podem ser de grande impacto no uso da tecnologia do SIG: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais (Machado *et al.*, 2022). Entende-se que a utilização de SIG para mensurar os índices e localização das áreas verdes e população residente possibilita a integração de diferentes tipos de dados que possuem a componente espacial como item em comum, possibilitando a análise dos resultados e distribuição espacial do estudo, a partir do mapeamento

temático que visa apresentar a organização do espaço para estabelecimento de bases para ações imediatas, contínuas ou futuras (Longley, 2013; De Souza; Matias; Júnior, 2020; Machado *et al.*, 2022).

As Plataformas de Desenvolvimento de Aplicações Low Code (LCDP) têm se destacado como uma alternativa viável para agilizar o desenvolvimento de soluções tecnológicas. Essas plataformas fornecem uma interface gráfica intuitiva, onde os usuários podem projetar e desenvolver aplicativos usando ferramentas de arrastar e soltar e modelos pré-definidos. Isso reduz significativamente o tempo e os recursos necessários para desenvolver e implantar novas soluções de software, tornando-as acessíveis a uma ampla gama de profissionais, independentemente de sua experiência em programação (Bock; Frank, 2021).

Conforme afirma Rocha *et al.* (2015), o uso de aplicações de *WebGis* ou aplicações para Web vem se tornando usual e crescente a cada dia, pois sua “possibilidade de interação e disponibilização de informações para o usuário é um elemento fundamental que faz com que este tipo de sistema de informação geográfica conectado à internet seja uma importante vertente para o futuro das geotecnologias” (Rocha *et al.*, 2015, p. 264).

Uma das plataformas utilizadas para o desenvolvimento de site e aplicações *web* é o ArcGIS, que é de propriedade da empresa americana *Environmental Systems Research Institute* (ESRI). Para o desenvolvimento desses sistemas, entre as várias ferramentas dessa plataforma, destaca-se o *ArcGIS Experience Builder*, que combina as capacidades avançadas de SIG com a facilidade de uso de um ambiente Low Code, permitindo que os usuários criem aplicativos web interativos sem a necessidade de escrever código manualmente. O *ArcGIS Experience Builder* apresenta interface de forma simples e fácil compreensão, sem utilizar linhas de código ou conhecimento de programação, se valendo de um ambiente gráfico que fornece opções e ferramentas pré-definidas que podem ser selecionadas, arrastadas e soltas permitindo criar o layout da aplicação que funcionará de maneira responsiva tanto em desktops quanto em aparelhos móveis. Essa abordagem simplificada para o desenvolvimento de aplicativos geoespaciais abre novas possibilidades para a criação de soluções inovadoras e personalizadas para os desafios urbanos enfrentados pelas cidades brasileiras (Esri, 2023).

Áreas Verdes em Ambiente Urbano

As áreas verdes desempenham um papel fundamental na qualidade de vida e no bem-estar

das populações urbanas. Além de fornecerem espaços de lazer e recreação, as áreas verdes desempenham funções ecológicas essenciais, como a melhoria da qualidade do ar, a redução do calor urbano e a promoção da biodiversidade (Lima; Amorim, 2006). No entanto, o planejamento e a gestão eficazes desses espaços exigem uma compreensão detalhada de sua distribuição e acessibilidade dentro do ambiente urbano. As áreas verdes são definidas como espaços que se encontram tanto em locais públicos, quanto privados, no qual predomina a vegetação arbórea, como praças, jardins e os parques (Jardim; Umbelino, 2020).

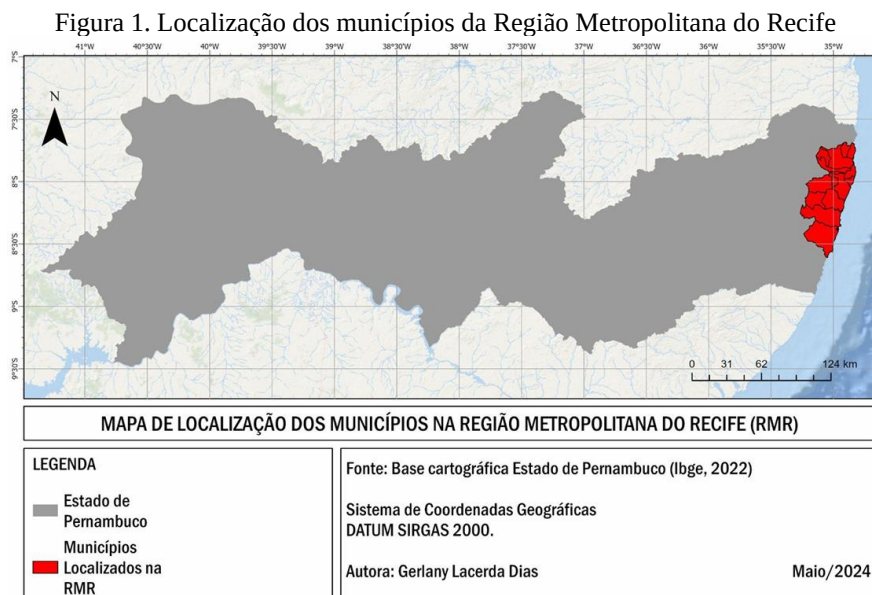
Segundo a Resolução CONAMA nº 6 (Brasil, 2020), áreas verdes de domínio público são “espaços que desempenham funções ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotados de vegetação e espaços livres de impermeabilização”. O Índice de Área Verde (IAV), mede a quantidade de áreas verdes por habitante, sendo recomendado em 1996, pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, um mínimo de 15 metros quadrados de área verde por habitantes para considerar o mínimo de uma qualidade ambiental urbana da região (Guilherme; Reolon, 2020).

A Região Metropolitana do Recife ainda não possui esse indicador, sendo importante para a gestão dos municípios conhecê-los e poder inclusive calculá-lo por bairro, a fim de poder utilizá-lo como referência no planejamento ambiental da cidade.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido para municípios da Região Metropolitana do Recife (RMR), localizada na latitude de 8° 04' 03'' S e longitude 34° 55' 00'' W no estado de Pernambuco (Figura 1). A região possui uma área de 2.770,452 km² e uma população estimada de 3.726.442 habitantes distribuída por 14 municípios (IBGE, 2022).



Fonte: Falcão *et al.*, 2024, dados IBGE, 2022.

Procedimentos Metodológicos

Definição dos Requisitos da Aplicação

O levantamento dos requisitos da aplicação é uma etapa crucial para o desenvolvimento de um sistema eficaz. Foram consideradas as necessidades do usuário a partir de reuniões com a equipe do projeto, e utilizadas técnicas de elicitação de requisitos para identificar os requisitos funcionais (RF) e os requisitos não funcionais (RNF). Os funcionais são requisitos técnicos do software que compõe o sistema, que descrevem ações que o sistema deve estar apto a executar, ou seja, o que o sistema deve fazer. Os não funcionais são requisitos técnicos que descrevem atributos que o sistema deve possuir ou restrições sob as quais ele deve operar, são as características do sistema, como restrições, segurança, confiabilidade, velocidade, validações, entre outros.

A ideia é que o usuário possa obter a estimativa do IAV, entrando no aplicativo com a escolha do município e inserindo os polígonos das áreas verdes sobre a imagem do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) de forma a obter a área do mesmo. A população do local escolhido, já vem armazenada na aplicação (IBGE, 2022), podendo também ser inserida pelo usuário, de acordo com a área em estudo. A seguir estão descritos requisitos levantados e definidos para o sistema de IAV.

A aplicação foi desenvolvida com o ArcGis Experience Builder (AEB), através da criação

de widgets, mapas, imagens e textos necessários para o cálculo do IAV a partir de áreas selecionadas pelo usuário em um mapa. As funcionalidades que não existiam nativamente no AEB, foram desenvolvidas utilizando a API fornecida pela ESRI, utilizando a linguagem Typescript e o framework React. A aplicação foi dividida por municípios que tiveram a sua população cadastrada no sistema. O mapa base foi o open street map (OSM), que é um mapa open source.

Elaboração de Mosaico do Município a Partir de Imagens de Satélite

Foi elaborado mosaico com imagens do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) do Governo do Estado de Pernambuco, utilizando tecnologia Light Detection And Ranging (LiDAR) em escala 1:1000. Após aquisição das imagens, foi elaborado mosaico a partir de ortomosaicos do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D). Estas imagens foram selecionadas devido alta resolução, possibilitando mais detalhes para visualização dos municípios de Recife, Abreu e Lima, Araçoiaba, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, e São Lourenço da Mata. O mapeamento do PE3D foi realizado a partir do levantamento fotográfico e perfilamento a laser de todo o território do Estado, em alta resolução, utilizando tecnologia LiDAR para captar dados através de sensores e câmeras instalados em oito aviões, que resultou em produtos como modelo digital de elevação, modelo digital de terreno, intensidade-hipsometria e ortoimagem (Cirilo *et al.*, 2014; Pontes *et al.*, 2019).

Cálculo do Índice de Área Verde (IAV)

Para o cálculo do Índice de Área Verde deve ser considerada a soma das áreas verdes dos locais em estudo, em m², em relação à população daquela região (Ramos; Nunes; Dos Santos, 2020), conforme Equação 1. A arborização viária e árvores isoladas são excluídas do cálculo por serem consideradas cobertura vegetal.

$$\begin{aligned} \text{IAV} & \qquad \qquad \qquad (1) \\ &= \frac{\sum \text{das áreas verdes públicas (m}^2\text{)}}{\text{número de habitantes da área}} \end{aligned}$$

Avaliação da Aplicação Web

A avaliação da eficácia do IAV obtido via aplicação web foi realizada pela comparação dos resultados obtidos em Recife, na pesquisa de Dias (2024). Para testar estatisticamente a confirmação dos resultados estimados da aplicação web, foram adotadas as seguintes hipóteses:

- Nulidade H0: não existe diferença significativa ao nível de 1% de significância entre a metodologia adotada e o procedimento proposto (cálculo do IAV da pesquisa e cálculo do IAV estimado pela aplicação web).
- Alternativa H1: existe diferença significativa ao nível de 1% de significância entre a metodologia adotada e o procedimento proposto (cálculo do IAV da pesquisa e cálculo do IAV estimado pela aplicação web).

Para testar a hipótese de nulidade foi empregado o teste t (t de Student) bilateral para amostras pareadas ao nível de 1% de significância. O teste t para amostras pareadas é expresso pela Equação 2 a seguir (Silva; Silva, 1995):

$$t_{\alpha/2} = \frac{\bar{d}}{s_d} \quad (2)$$

Sendo:

$\bar{d}$ = diferença entre um par de amostras

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (3)$$

s_d = desvio padrão das diferenças

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n d_i)^2}{n}}{n - 1}} \quad (4)$$

Para aplicação do teste foram escolhidos dois bairros por Região Político-Administrativa, com maior e menor índice de área verde. Também se aplicou o coeficiente de correlação de

Pearson (r_{xy}) para verificar o grau de associação linear entre os dois métodos. O coeficiente de correlação de Pearson é calculado pela Equação 5.

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n}}{\sqrt{\left[\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n}}{n-1} \right] \left[\frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n Y_i)^2}{n}}{n-1} \right]}} \quad (5)$$

O coeficiente de correlação de Pearson (r_{XY}), assume valores em um intervalo de -1 a $+1$ para análise da existência da associação linear entre as variáveis consideradas (Diniz; Melo, 2023). Valores de $-0,4 \leq r_{XY} \leq +0,4$ indicam que não existe correlação entre as variáveis consideradas. Quando mais próximo for o valor de r_{XY} de $-1,0$ e $+1,0$ maior é a correlação entre as variáveis.

Finalmente, aplicou-se o modelo de regressão linear simples em que a variável dependente (Y_i) são os valores do método tradicional e a variável independente X_i os valores obtidos pelo método proposto. O modelo de regressão linear simples utilizado foi o da Equação 6.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

Em que:

β_0 e β_1 = parâmetros do modelo;

ε_i = erro aleatório.

A precisão da equação resultante é expressa por meio do coeficiente de determinação (r^2), expresso por:

$$r^2 = \frac{SQReg}{SQT} \quad (7)$$

Em que:

SQ_{Reg} = Soma de quadrado da regressão;

SQT = Soma de quadrado total.

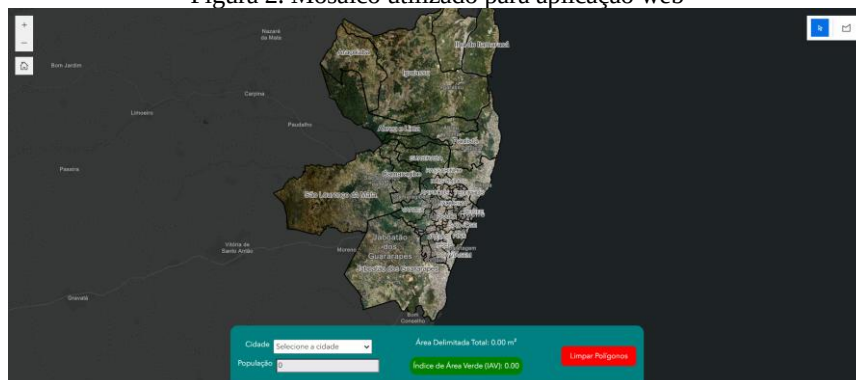
O valor do coeficiente de determinação (r^2) varia entre 0 a 1, quanto maior o resultado mais a amostra estimada na aplicação se ajusta aos dados reais do cálculo realizado.

Os métodos estatísticos utilizados nesta pesquisa foram trabalhados no *software* de análises estatísticas SYSTAT Demo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a etapa de definição da área de estudos optou-se pela Região Metropolitana do Recife como área de estudo, proporcionando um foco preciso para as análises, considerando sua extensão territorial e densidade populacional. Com as ortoimagens obtidas do programa PE3D, conforme detalhado na metodologia, foi desenvolvido o mosaico (Figura 2) e utilizado como mapa base para a aplicação web proposta na pesquisa.

Figura 2. Mosaico utilizado para aplicação web



Fonte: Dias, 2024.

Na fase de definição dos requisitos da aplicação foram utilizadas técnicas de elicitação de requisitos com a equipe, como por exemplo, brainstorming, entrevistas e análise de documentos de sistemas já existentes (Costa *et al*, 2020). Após as sessões foi possível elaborar 6 RF's e 1 RNF, sendo:

Requisitos Funcionais:

- [RF001] Busca por Município: O sistema deve permitir que o usuário busque a localidade que vai realizar seu cálculo de IAV através de uma barra de pesquisa que liste todos os municípios disponíveis na base de dados. Requisitos Relacionados: [RF005] Armazenar

População dos Municípios.

- [RF002] Delimitar Polígono de Área Verde: O aplicativo deve permitir que o usuário delimite um polígono de área verde, esse polígono deve ser persistente e sua área será utilizada por outros requisitos para realizar o cálculo de IAV. O acesso a essa ferramenta é feito através de um widget flutuante. Através de um botão será informado quando todos os polígonos forem demarcados. Requisitos Relacionados: [RF003] Soma de Áreas Verdes.
- [RF003] Soma de Áreas Verdes: O sistema deverá realizar constantemente a soma das áreas dos polígonos delimitados anteriormente e exibir seu resultado atual em m² na tela. Requisitos Relacionados: [RF002] Delimitar Polígono de Área Verde e [RF004] Cálculo do IAV.
- [RF004] Cálculo do IAV: Após todos os polígonos de área verde serem delimitados, o sistema deverá realizar o cálculo do IAV, utilizando a área total proveniente da soma de áreas verdes, e a população do município previamente selecionado. A fórmula para esse cálculo é área verde total, expresso em metros quadrados, dividido pelo número de habitantes da área urbana. Requisitos Relacionados: [RF003] Soma de Áreas Verdes, [RF005] Armazenar População dos Municípios e [RF006] Exibir Resultados.
- [RF005] Armazenar População dos Municípios: O sistema deve armazenar nativamente a população dos municípios disponíveis para cálculo, para que assim seja possível realizar os cálculos. Requisitos Relacionados: [RF001] Busca por Município e [RF004] Cálculo do IAV.
- [RF006] Exibir Resultados: O aplicativo deve exibir o resultado após o cálculo, exibindo também nome do município utilizado, área verde total, e população. A área do município deve ser coberta em um gradiente de verde para vermelho dependendo do resultado do cálculo (melhor resultado sendo mais verde). Requisitos Relacionados: [RF004] Cálculo do IAV.

Requisito Não Funcional:

- [RNF001] Clareza de Delimitações Registradas: O aplicativo deve ser acerca das áreas já delimitadas anteriormente, exibindo um polígono em cima dessas áreas para evitar que o usuário remarque uma área já calculada.

Para a configuração do ambiente de desenvolvimento foi necessário a instalação do runtime Node.js, e da versão de desenvolvimento do AEB, que inclui um cliente, onde são feitas as alterações para criar o widget desejado, e o servidor.

A funcionalidade de Delimitar Polígono de Área Verde utiliza como base a ferramenta de desenho nativa ao AEB, onde é possível delimitar polígonos e obter seu tamanho em m². Já a função de Soma de Áreas Verdes utiliza por sua vez os valores obtidos pelo polígono delimitado pela ferramenta de desenho, para posteriormente ser realizado o cálculo do IAV.

Na Figura 3 é possível observar a aplicação sendo utilizada, com sua funcionalidade de delimitar polígonos no canto superior direito, e as informações como área total, população e o IAV resultante no menu central.

Figura 3. Screenshot da aplicação web



Fonte: Falcão, 2024.

Observou-se que a utilização da plataforma low code utilizada proporcionou agilidade no desenvolvimento da aplicação, permitindo a customização das soluções de acordo com as necessidades do projeto. Porém foi encontrada alguma dificuldade com as funcionalidades não presentes nativamente na plataforma, como por exemplo, a possibilidade de armazenar os dados de áreas delimitadas para realizar a soma, neste caso é necessário desenvolver a funcionalidade do zero como um widget para a plataforma. Sendo assim necessário utilizar a API de desenvolvimento da ESRI para o AEB, que não possui uma documentação muito aprofundada, podendo assim ser um empecilho para usuários que não possuam experiência em programação.

A aplicação web pode ser acessada no link <https://luxkao.github.io/SIAV/>

Avaliação da aplicação *web*

Para a aplicação do teste t de Student foram traçadas poligonais nas áreas dos bairros, correspondentes as poligonais utilizadas na pesquisa de Dias (2024), sendo inserida a variável sobre população da área estudada. Aplicando-se o teste t se obteve $t_{\alpha/2} = 0,9308^{n.s.}$. Este valor foi não significativo ao nível de 1% de significância o que indica que o método proposto para cálculo do IAV na aplicação *web* não difere do método tradicional calculado na pesquisa, indicando que eles são semelhantes.

O coeficiente de correlação $r_{XY} = 0,99$ indica que os dois procedimentos são altamente correlacionados. Pela análise de variância ANOVA se observa que o ajuste resultou em uma equação (Equação 8) altamente significativa, expressa por:

$$\hat{Y}_i = - 0.665336 + 1.113802 X_i \quad (8)$$

Após o resultado do coeficiente de correlação, foi aplicado o método estatístico da análise de regressão obtendo-se o coeficiente de determinação $r^2 = 0,9982$, representando que os resultados estimados na aplicação se ajustam em 99,82% aos dados reais do cálculo realizado, considerado assim um modelo preciso.

Os resultados da análise do teste T pareado (t) consideraram o valor de t igual a 0,9308. Sendo t maior que 0,05 na avaliação dos resultados estimados, obteve-se um resultado não significativo para t, indicando assim que o método proposto para a aplicação *web* produziu resultados semelhantes ao real.

CONCLUSÃO

Com isso, pode-se concluir que a integração de tecnologias de informação geográfica e plataformas de desenvolvimento de aplicativos low code oferece uma abordagem promissora para o planejamento e a gestão ambiental em contextos urbanos. A aplicação desenvolvida mostrou-se capaz de calcular a média do IAV de forma ágil, permitindo a visualização espacial das áreas vegetadas e a análise comparativa entre municípios da Região Metropolitana do Recife.

A utilização do ArcGIS Experience Builder, aliado às imagens de alta resolução do

Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D), demonstrou uma boa eficácia na criação de uma ferramenta intuitiva, mesmo para usuários com pouca experiência em programação ou geotecnologias. Apesar de limitações relacionadas à necessidade de implementar funcionalidades não nativas, como o armazenamento e manipulação dinâmica de polígonos, o processo evidenciou o potencial das plataformas low code para personalização e rápida prototipagem de soluções geoespaciais. Dessa forma, a aplicação contribui para ampliar o acesso a indicadores ambientais e fortalecer processos decisórios no âmbito do planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

BOCK, A. C. & FRANK, U. Low-Code Platform. **Bus Inf Syst Eng.** v. 63, p. 733-740, 2021. Disponível em: <https://rdcu.be/cPbpr>. Acesso em: 01 mar. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente- CONAMA. **Resolução CONAMA nº 369 de 2006.** Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social de baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção de supressão de vegetação em área de preservação permanente. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0369-280306.PDF>. Acesso: 03 mar. 2024.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CARVALHO JUNIOR, W. de; CHAGAS, C. da S.; CALDERANO, S. B. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de regiões tropicais montanhosas com suporte de SIG. **Revista de Geografia**, Recife. v. 35, nº. 3, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229362>. Acesso em: 01 maio 2023.

CIRILO, J. A.; ALVES, F. H. B.; SILVA, L. A. C. da; CAMPOS, J. H. de A. Suporte de Informações Georreferenciadas de Alta Resolução para Implantação de Infraestrutura e Planejamento Territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 04, p. 755-763, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/233239/pdf>. Acesso em: 04 jun 2024.

COUTINHO FILHO, O. S. **Análise do índice ponderado de áreas verdes baseado no Lidar (ALS) como parâmetro da qualidade ambiental urbana.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-31122015-111239/publico/Dissertacao_Osvaldo.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

COSTA, Y. J. S.; ESTRELA, I. R. B.; GOMES, M. M.; SANTOS, D. V. S.; CABREJOS, L. J. E. R. Aplicando técnicas de elicitação de requisitos para a concepção de um sistema de informação: um relato de experiência. **Interfaces Científicas-Exatas e Tecnológicas.** v. 4, n. 1, p. 101-115, 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/exatas/article/download/8809/4352>. Acesso em: 28 fev. 2024.

DE SOUZA, C. E.; MATIAS, Í. O.; JÚNIOR, M. E. Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. **Revista Vértices**. v. 22, n. 3, p. 590–609, 2020. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/15481>. Acesso em: 1 mai. 2023.

DIAS, G. L. **Instrumentos de gestão de áreas verdes para implementação de políticas públicas de qualidade ambiental para a cidade do Recife – PE**. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental). IFPE, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/1471>. Acesso em: 07 dez. 2025.

DINIZ, M. I; MELO, R. A. de. Analysis of the drainage system between the condition of urban pavements and drainage elements. **Revista ALCONPAT**, v. 13, n. 2, p. 220 – 234, 2023. Disponível em: <https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/604/1755>. Acesso em: 14 jun 2024.

ESRI. **ArcGIS Experience Builder**: Um novo modo de construir aplicativos da web. 2023. Disponível em: <https://www.esri.com/pt-br/arcgis/products/arcgis-experience-builder/overview>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FALCÃO, L. M.; DIAS, G. L.; CARVALHO, V. S.; BABORSA, I. M. B. R.; FERREIRA, A. A. Desenvolvimento de aplicação low code para dimensionamento de áreas verdes em ambiente urbano. In: **XIV Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI)**. Anais. Belém(PA) IFPA, 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/connepi-belem-2024/839856-desenvolvimento-de-aplicacao-low-code-para-dimensionamento-de-areas-verdes-em-ambiente-urbano>. Acesso em: 07/12/2025.

GUILHERME, F. P. DE S.; REOLON, C. A. Áreas verdes urbanas: uma análise a partir do Índice de Áreas Verdes (IAV). **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 11, n. 2, p. 180-192, ago./dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/BGJ-v11n2-a2020-59175>. Acesso em: 02 mar. 2024.

HOFF, R.; LEITE, J.; ZOUAIN; R. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento como apoio a estudos geológicos e geotécnicos para gestão ambiental do Município de Três Cachoeiras, litoral norte do RS, Brasil. **Geotecnia**. nº 118, 2010. Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/geotecnia/article/view/10668>. Acesso em: 01 maio 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe>. Acesso em: 03 mar. 2024.

JARDIM, J. P., & UMBELINO, G. (2020). Mapeamento de áreas verdes e da arborização urbana: estudo de caso de Diamantina, Minas Gerais. **Rev. Espinhaço**. 9(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4432819>. Acesso em: 04 mar. 2024.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. da C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Formação (Online)**. v. 1, n. 13, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.33081/formacao.v1i13.835>. Acesso em 03 mar. 2024.

LONGLEY, P. A; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e ciência**

da informação geográfica. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=LOKqt5V6yvMC&pg=PT20&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 01 maio 2023.

MACHADO, P. P.; CONTARINI, L. da C.; ROCHA, L. S.; JUNIOR, J. L. L. F.; MILANEZE, L. A.; SILVA, M. A. P. da; RODRIGUES, B. D. Geoprocessamento aplicado a área de meio ambiente: um estudo de caso baseado em processamento digital de imagens e sensoriamento remoto. **Brazilian Journal of Development**. v. 8, n. 4, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/46049>. Acesso em: 01 maio 2023.

MELO, D.; VAN BELLEN, H. M. Desafios democráticos à construção e implementação de indicadores: o caso do Programa Cidades Sustentáveis. **Revista Grifos**. V. 28, n. 46, p. 88-114, 2019. Disponível em: <https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/grifos/article/view/4696>. Acesso em: 13 maio 2024

PERNAMBUCO. **Pernambuco Tridimensional**. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Governo do Estado de Pernambuco. Disponível em: <http://www.pe3d.pe.gov.br/>. Acesso em: 5 mai. 2024.

PONTES, J. I.; MELO, M. F. O.; LIMA, V. N.; ALCÂNTARA, L. A. Pernambuco tridimensional: potencialidade de geração de produtos cartográficos de apoio a gestão de bacias hidrográficas. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v.19, p. 2996 – 2999, 2019. Anais. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/09.16.15.28/doc/97532.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

RAMIREZ, D. A. G. A importância do uso dos SIG na gestão ambiental do município Ribero, Estado Sucre na Venezuela. **Revista Mediação**, Goiás. v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mediacao/article/view/6752>. Acesso em: 01 maio 2023.

RAMOS, H. F.; NUNES, F. G.; DOS SANTOS, A. M. Índice de áreas verdes como estratégia ao desenvolvimento urbano sustentável das Regiões Norte, Noroeste e Meia Ponte de Goiânia-GO, Brasil. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**. V 29, 2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/2818/281863455007/html/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

ROCHA, D. S.; PEREIRA, R. S.; TRINDADE, J. P. P.; VOLK, L. B. da S.; PINHO, L. B. de. Aplicação de um Sistema WebGIS na Agricultura de Precisão. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n. 4, p. 262-273, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132863/1/18160-91859-1-PB.pdf>. Acesso em: 01 maio 2023.

ROSSET, F. **Procedimentos metodológicos para estimativa do índice de áreas verdes públicas. Estudo de Caso: Erechim, RS**. Dissertação Mestrado (Mestre em Ecologia e Naturais). São Carlos: UFSCar, 2005. Disponível em:

<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/2113/DissFR.pdf?sequence=1>. Acesso em: 03 mar. 2024.

SANTOS, C.S. **Os sistemas de informação geográfica aplicados à análise espacial para o mapeamento dos espaços verdes do bairro do Cabula na cidade de Salvador – Bahia – Brasil**. 2012. 127 páginas. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Gestão do Território). Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, 2012. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/10615/1/Dissertacao_Celiane_Silva_Santos.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

SANTOS, M. N. S.; ALMEIDA, J. A. C.; ROCHA, J. L. S.; VIDAL, M. R. Uso do NDVI para análise temporal da cobertura vegetal município de Parauapebas – PA. In: **III Encontro de Pós-Graduação**. Anais. p. 1-9. 2018. Disponível em: https://geografia.unifesspa.edu.br/images/publicacoes_professores/mariaritavidal/trabalhos_completos_publicados_em_anais_de_congressos/uso_do_ndvi_para_analise_temporal_da_cobertura_vegetal_municipio_de_parauapebas_pa.pdf. Acesso em: 29 maio 2024.

SILVA, J. A. A. da; SILVA, I. P. da. **Estatística experimental aplicada a ciência florestal**, Imprensa Universitária da UFRPE, 2ª Edição, 1995, 292 p.
SUTTON, T., DASSAU, O. & SUTTON, M. (2009) A Gentle Introduction to GIS. **Chief Directorate: Spatial Planning & Information**. Department of Land Affairs, Western Cape. Disponível em: https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/gentle_gis_introduction/index.html. Acesso em: 29 fev. 2024.