



INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE ÁREAS VERDES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE QUALIDADE AMBIENTAL PARA A CIDADE DO RECIFE-PE

Gerlany Lacerda Dias

ORIENTADORA

Profa. Dra. Vânia Soares de Carvalho

COORDENADORA

Profa. Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa



RECIFE,
JULHO, 2024



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO AMBIENTAL**

GERLANY LACERDA DIAS

**INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE ÁREAS VERDES PARA IMPLEMENTAÇÃO
DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE QUALIDADE AMBIENTAL PARA A CIDADE DO
RECIFE-PE**

Recife, 2024

GERLANY LACERDA DIAS

**INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE ÁREAS VERDES PARA IMPLEMENTAÇÃO
DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE QUALIDADE AMBIENTAL PARA A CIDADE DO
RECIFE-PE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Linha de pesquisa: Gestão para sustentabilidade

Profª. Dra. Vânia Soares de Carvalho
Orientadora (MPGA/IFPE)

P/rofa. Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa
Coorientadora (MPGA/IFPE)

Recife, 2024

D541i

Dias, Gerlany Lacerda.

Instrumentos de gestão de áreas verdes para implementação de políticas públicas de qualidade ambiental para a cidade do Recife – PE. / Gerlany Lacerda Dias. – Recife, PE: A autora, 2024.

123 f. ; il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Vânia Soares de Carvalho.

Coorientadora Prof.^a. Dr.^a. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2024.

Inclui referências.

1. Gestão Ambiental Urbana 2. Política Pública. 3. ODS 11. 4. Agenda 2030. I. Carvalho, Vânia Soares de. (Orientadora). II. Barbosa, Ioná Maria Beltrão Rameh. (Coorientadora). III. Título.

333.7316

CDD (22 Ed.)

GERLANY LACERDA DIAS

**INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE ÁREAS VERDES PARA IMPLEMENTAÇÃO
DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE QUALIDADE AMBIENTAL PARA A CIDADE DO
RECIFE-PE**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: 08/07/2024

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Vânia Soares de Carvalho
Orientadora - MPGA/IFPE

Profa. Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa
Coorientadora - MPGA/IFPE

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva
Examinador Interno – MPGA/IFPE

Profa. Dra. Christianne Torres de Paiva
Examinador Externo – IFPE *campus* Vitória de Santo Antão

APRESENTAÇÃO DA AUTORA

A autora é graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Ciências Humanas ESUDA, e durante o curso optou pela disciplina eletiva de Gestão Ambiental, o que a fez ter interesse no assunto e norteou o seguimento dos estudos e caminho profissional. Teve o interesse na temática da pesquisa deste mestrado iniciado desde a graduação, quando realizou a pesquisa e levantamento dos espaços livres na cidade de Tracunhaém, localizada na Zona da Mata de Pernambuco, apresentado no trabalho de conclusão do curso.

Possui especialização em Gestão e Controle Ambiental pela Universidade de Pernambuco (UPE), e especialização em Educação Ambiental pela Faculdade Frassinetti do Recife (FAFIRE). Nos dois cursos descreveu monografias para conclusão dos cursos sobre a temática da certificação ambiental na arquitetura e urbanismo.

A experiência profissional permeia por diferentes disciplinas da arquitetura e urbanismo, como projetos de urbanismo, parcelamento do solo, análise de planos diretores municipais, projetos arquitetônicos, laudos técnicos, além da experiência com a Gestão Ambiental e Gestão da Qualidade. Trabalhou como Gestora de Meio Ambiente e Qualidade em empresa do ramo da Construção Civil, sendo responsável pela Gestão e Certificação Ambiental com base na NBR 14001 – Sistema de Gestão Ambiental, e Gestão e Certificação da Qualidade com base na NBR 9001 – Sistema de Gestão da Qualidade, atuando como coordenadora do Sistema de Gestão Integrada da empresa (Qualidade, Meio Ambiente, Saúde e Segurança Ocupacional, Responsabilidade Social e Qualidade das Obras). Possui experiência com a elaboração dos Planos de Manejo das Unidades de Conservação Ambiental de Recife, trabalhando como Arquiteta Técnica do Sistema Municipal de Unidades Protegidas (SMUP) na Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade da Prefeitura Municipal de Recife (SMAS). Trabalhou também como Arquiteta analista de projetos na Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Governo do Estado de Pernambuco (SEDUH), analisando projetos de edificações de serviços públicos (sede de prefeitura, IML, mercado público, delegacia, dentre outros) e áreas de lazer (praças e parques municipais) situados em diferentes municípios do Estado.

A partir da experiência com os Planos de Manejo, ingressou no MPGA com pré-projeto sobre os problemas da urbanização e desmatamento no interior das Unidades de Conservação da Natureza de Recife. A experiência na SMAS também trouxe conhecimento com o uso de dados georreferenciados, a partir da utilização do software QGIS. Mas, ao longo do desenvolvimento do conhecimento nas disciplinas eletivas de Indicadores de Sustentabilidade Ambiental e Geoprocessamento Aplicado, e com a leitura de diferentes artigos sobre o tema do indicador ambiental Índice de Área Verde (IAV), decidiu mudar o direcionamento da pesquisa.

Com o conhecimento de que Recife não possui o IAV estabelecido de seu território para todos os bairros, e sabendo onde coletar os dados sobre áreas livres públicas da cidade, percebeu-se que é possível a análise desse indicador, uma vez que se conhece os dados. Acredita-se que utilizar tecnologia para a Gestão Ambiental é um aprendizado que contribuirá para a formação profissional e planejamento futuro de carreira.

AGRADECIMENTOS

Obrigada à Deus e Nossa Senhora, por toda Graça e amor comigo, mostrando os caminhos a seguir e por me permitirem chegar até aqui.

Aos meus pais, obrigada pela vida, por sempre priorizaram e ensinaram a importância da educação, por todo amor, carinho e cuidado que me dedicam. Obrigada também ao meu irmão, pela caminhada partilhada, pelo incentivo e por acreditar e compartilhar informações e materiais importantes, contribuindo com esta pesquisa. É por vocês.

Aos amigos presentes que vibram com as conquistas da vida, obrigada por torceram tanto, pela motivação e conversas necessárias, opiniões e cuidado, pelos conselhos e preocupações de sempre. Vocês sabem quem são e o quanto são importantes.

Obrigada à coordenação do Mestrado Profissional em Gestão Ambiental (MPGA) pela oportunidade de aprimorar o conhecimento e o saber enquanto Gestora Ambiental.

Agradeço minha orientadora, Professora Dra. Vânia Soares de Carvalho, obrigada por aceitar entrar nesse processo quando eu estava cheia de dúvidas. Obrigada pela forma tranquila e prática que conduziu toda orientação, sempre sorridente e disponível. Por toda parceria e por ter acreditado na pesquisa desde o início. Obrigada pela calma a cada encontro, por partilhar suas experiências e conhecimentos, pela confiança, e pelos desafios lançados. Por tudo, Profa., minha gratidão eterna.

À minha coorientadora, Professora Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa, agradeço o aceite de embarcar nessa pesquisa. Obrigada pela disponibilidade e facilidade de comunicação, pelo sentido prático, materiais compartilhados e contribuições nesse tempo. Obrigada pelas aulas agradáveis de Geoprocessamento Aplicado ministradas em parceria com Profa. Dra. Vânia Carvalho, vocês são exemplos de boas pessoas e excelentes docentes.

Obrigada aos Professores do MPGA, Professoras Dra. Sofia Brandão e Dra. Marília Lyra, sempre preocupadas com os mestrandos, distribuindo alegria e leveza. E ao Professor Dr. José Antônio Aleixo da Silva, obrigada por gentilmente orientar e contribuir nas análises estatísticas necessárias na finalização da pesquisa.

Aos funcionários da secretaria e biblioteca do MPGA, Marcus Bernardo e Amanda Tavares, obrigada pela simpatia, atenção e atendimento cuidadoso diante das dúvidas e solicitações que demandei nesses dois anos.

Obrigada ao Professor Me. Aramis Leite de Lima, professor dos cursos de Saneamento e Engenharia Civil do IFPE *campus* Recife, que avaliou e validou a possibilidade das ideias iniciais do projeto, com valiosas contribuições, direcionamento e dúvidas sanadas.

Aos examinadores da banca de qualificação, Professor Dr. Diogo Henrique Fernandes da Paz, Professora Dra. Christianne Torres de Paiva, e Professor Dr. Hernande Pereira, obrigada pela disponibilidade e contribuições, com observações importantes e valiosas para a melhoria da pesquisa. E aos que puderam comparecer na defesa final, obrigada pela disponibilidade e aceite também nesse tempo.

Obrigada ao aluno Lucas de Melo Falcão, do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do IFPE *campus* Recife, estudante de iniciação científica vinculado ao projeto e responsável pelo desenvolvimento do sistema de aplicação *web*, nosso objetivo comum.

Obrigada aos colegas do mestrado que tornaram mais adorável a vida de mestranda. Pelas expectativas compartilhadas, ajudas e disponibilidade de escuta tão importantes. À Karen Cândido, que contagiava com sua alegria, e Rosner Henrique pelas ajudas nunca negadas, obrigada! E em especial, agradeço minhas queridas Andressa Montebello, Danielle Cantarelli e Luana Pessoa, na certeza de que essa caminhada foi mais leve e agradável com nosso apoio recíproco. Obrigada, meninas!

Assim, para todos que fizeram parte deste ciclo, obrigada, de todo coração.

“Precisamos ser estratégicos e nos prepararmos. As cidades do futuro precisam ser construídas e reconstruídas sob um outro paradigma: mais verde, mais limpo, mais inteligente, mais gentil com a natureza e com as pessoas” (Mariana Pontes, 2024. Presidente da Agência Recife de Inovação e Estratégia).

RESUMO

O Índice de Área Verde (IAV) e o Percentual de Área Verde (PAV) são importantes indicadores para avaliar a qualidade ambiental urbana e guiar políticas públicas para essas áreas da cidade, visando cidades sustentáveis. Esses indicadores são fundamentais no planejamento urbano e na gestão ambiental municipal para monitorar a expansão ou redução de espaços livres públicos e cobertura vegetal da região. As áreas verdes e espaços livres públicos estudados na pesquisa desempenham papéis vitais na mitigação do calor urbano, na melhoria da qualidade do ar, na conservação da biodiversidade local e na promoção de habitats para fauna e flora, além de proporcionarem benefícios sociais e de saúde, como lazer, recreação, convívio social, saúde mental e bem-estar da população. O IAV é medido em metros quadrados de área verde por habitante (m^2/hab), enquanto o PAV é expresso como porcentagem (%) de área verde. Esses indicadores são alinhados com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 da Agenda 2030 e com o eixo temático Gestão Local para a Sustentabilidade do Programa Cidades Sustentáveis. Este estudo se propôs a estimar a qualidade ambiental dos bairros da cidade do Recife, capital de Pernambuco, através do cálculo do IAV e PAV. Utilizando geoprocessamento, foram mapeados os espaços livres públicos e áreas verdes, e posteriormente foram calculados os indicadores. A metodologia para o IAV incluiu duas abordagens: uma considerando áreas de espaços livres públicos e unidades de conservação (UC), e outra apenas as áreas dos espaços livres públicos. A comparação do IAV mostrou impactos positivos quando as UC foram consideradas, alcançando ou superando o parâmetro mínimo de $15m^2/hab$, estabelecido pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. Para o PAV, foi aplicada a metodologia do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), permitindo a classificação da imagem para obter toda a cobertura vegetal urbana da cidade. O parâmetro mínimo recomendado para o PAV foi de 30% de área verde como valor satisfatório. Os resultados indicaram que o IAV com UC foi satisfatório em 25% dos bairros, enquanto sem UC apenas 6,3% atingiram os parâmetros desejados. A análise do PAV revelou que 32% dos bairros apresentaram resultados positivos, evidenciando o impacto da vegetação na qualidade ambiental urbana e de vida para os residentes. Como produtos técnicos relevantes da dissertação, destacam-se um painel dinâmico (*dashboard*) com os resultados da pesquisa e uma aplicação *web* para estimar o IAV em outros municípios, fornecendo mecanismos e instrumentos valiosos para a gestão pública e o planejamento urbano sustentável.

Palavras-chave: ODS 11; qualidade ambiental urbana; cidades sustentáveis; área verde urbana; indicador ambiental; política pública.

ABSTRACT

The Green Area Index (GAI) and the Green Area Percentage (GAP) are important indicators for assessing urban environmental quality and guiding public policies for these areas of the city, aiming sustainable cities. These indicators are fundamental in urban planning and municipal environmental management to monitor the expansion or reduction of public open spaces and vegetation cover in the region. The green areas and public open spaces studied in the research play vital roles in mitigating urban heat, improving air quality, conserving local biodiversity and promoting habitats for fauna and flora, in addition to providing social and health benefits, such as leisure, recreation, social interaction, mental health and well-being of the population. The GAI is measured in square meters of green area per inhabitant ($\text{m}^2/\text{inhabitant}$), while the GAP is expressed as a percentage (%) of green area. These indicators are aligned with Sustainable Development Goal (SDG) 11 of the 2030 Agenda and with the thematic axis Local Management for Sustainability of the Sustainable Cities Program. This study aimed to estimate the environmental quality of neighborhoods in the city of Recife, capital of Pernambuco, by calculating GAI and GAP. Using geoprocessing, public open spaces and green areas were mapped, and indicators were subsequently calculated. The methodology for the GAI included two approaches: one considering areas of public open spaces and nature conservation units (NCU), and the other only areas of public open spaces. The comparison about GAI showed positive impacts when the NCU were considered, reaching or exceeding the minimum parameter of $15\text{m}^2/\text{inhab}$, established by the Brazilian Society of Urban Afforestation. For the GAP, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) methodology was applied, allowing the classification of the image to obtain all the urban vegetation coverage of the city. The minimum parameter recommended for the GAP was 30% of green area as a satisfactory value. The results indicated that the GAI with NCU was satisfactory in 25% of the neighborhoods, while without NCU only 6.3% reached the desired parameters. The GAP analysis revealed that 32% of neighborhoods presented positive results, highlighting the impact of vegetation on urban environmental quality and quality of life for residents. As relevant technical products of the dissertation, we highlight a dynamic panel (dashboard) with the research results and a web application to estimate the GAI in other municipalities, providing significant mechanisms and instruments for public management and sustainable urban planning.

Keywords: SDG 11; urban environmental quality; sustainable cities; urban green area; environmental indicator; public policy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio Brasil (ODM).....	19
Figura 2 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	20
Figura 3 - Parque para primeira infância no Parque das Graças	39
Figura 4 – Área de Contemplação do Parque das Graças nas margens do rio Capibaribe.....	39
Figura 5 - Área infantil requalificada no Parque do Caiara.....	40
Figura 6 - Jardins Filtrantes localizados no Parque do Caiara	40
Figura 7 - Uso múltiplo do SIG nas mais diversas áreas.....	43
Figura 8 – Mapa de localização, RPAs e bairros de Recife - PE.....	47
Figura 9 - Mapa de distribuição da população por bairros do Recife.....	48
Figura 10 - Mapa dos espaços livres públicos e UCN de Recife	65
Figura 11 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-01	69
Figura 12 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-02.....	70
Figura 13 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-03.....	71
Figura 14 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-04.....	72
Figura 15 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-05.....	72
Figura 16 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-06.....	73
Figura 17 - IAV considerando espaços livres públicos e áreas de Unidade de Conservação da Natureza.....	75
Figura 18 - IAV por RPA considerando espaços livres públicos e áreas de UCN.....	76
Figura 19 - IAV dos espaços livres públicos de Recife (sem áreas de UCN).....	81
Figura 20 – Resultados e comparação do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-01.....	82
Figura 21 - Resultados e comparação do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-02	83
Figura 22 - Resultados e comparação do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-03	84
Figura 23 - Resultados e comparação do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-04	85
Figura 24 - Resultados e comparação de resultados do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-05	86
Figura 25 - Resultados e comparação de resultados do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-06	87
Figura 26 - Resultados e comparação de resultados do IAV para dois métodos de cálculo nas RPAs	87
Figura 27 - Mapa de IAV das RPAs considerando os espaços livres públicos para cálculo	88
Figura 28 - Mapa de desempenho do indicador - IAV considerando espaços livres públicos e UCN.....	90
Figura 29 - Mapa de desempenho do indicador - IAV considerando soma de áreas dos espaços livres públicos.....	91
Figura 30 – Área verde urbana de Recife obtida através de NDVI e classificação de imagem	93
Figura 31 - Mapa do percentual de área verde dos bairros da cidade do Recife	94
Figura 32 - Mapa do percentual de área verde das RPAs da cidade do Recife	95
Figura 33 - Mapa do desempenho do indicador para o PAV nos bairros da cidade do Recife .	96
Figura 34 - Logomarca criada com IA para pesquisa.....	97
Figura 35 - Painel dinâmico de visualização dos dados IAV e PAV desenvolvido como produto	

.....	98
Figura 36 - Lista constando o nome dos bairros, área territorial, localização da RPA, e campo de pesquisa.....	98
Figura 37 - Localização dos mapas no painel dinâmico de informações dos indicadores	99
Figura 38 – Elemento indicador adicionado com informações de habitantes, área verde, IAV e PAV	100
Figura 39 - Logomarca da Pesquisa, MPGA e IFPE inseridas no painel como conteúdo embutido	100
Figura 40 - Tela inicial para acesso de <i>dashboard</i> e a aplicação <i>web</i>	101
Figura 41 - Tela inicial da aplicação web desenvolvida para estimativa de área verde	102
Figura 42 - Exemplo da aplicação web com poligonais traçadas para estimativa de IAV no Ipsep	103
Figura 43 -Gráfico de correlação, apresentando resultados altos para dados estimados.....	104

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADROS

Quadro 1 - Estudos sobre IAV em cidades brasileiras e valor mínimo utilizado	24
Quadro 2 - Função das praças na cidade do Recife-PE	31
Quadro 3 – Anúncio de requalificação ou construção de novos espaços livres na cidade	41
Quadro 4 - Fontes de aquisição dos dados utilizados para mapeamento e análises	50
Quadro 5 - Valor-alvo para análise de desempenho do índice de área verde (IAV)	56
Quadro 6 - Valor-alvo para análise de desempenho do percentual de área verde (PAV).....	56
Quadro 7 - Total de espaços livres públicos e UCN em todos os bairros de Recife	66
Quadro 8 - IAV da RPA-01 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN	76
Quadro 9 - IAV da RPA-02 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN	77
Quadro 10 - IAV da RPA-03 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN	77
Quadro 11 - IAV da RPA-04 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN.....	78
Quadro 12 - IAV da RPA-05 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN	79
Quadro 13 - IAV da RPA-06 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN	79
Quadro 14 - IAV da pesquisa e IAV da aplicação <i>web</i> para confirmação dos resultados do sistema	103

TABELAS

Tabela 1 - Total de praças, parques e jardim botânico no território de Recife.	35
Tabela 2 – Quadro da ANOVA para o modelo ajustado	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	- Área de Proteção Ambiental
ARIES	- Agência Recife de Inovação e Estratégia
ARIE	- Área de Relevante Interesse Ecológico
BDTD	- Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAU	- Cadastro Ambiental Urbano
CMMAD	- Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DP	- Densidade Populacional
ECO-92	- Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
ESIG	- Sistema de Informação Geográfica
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
FLONA	- Floresta Nacional
IA	- Inteligência Artificial
IAV	- Índice de Área Verde
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICVAU	- Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana
IDSC-BR	- Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil
IFPE	- Instituto Federal de Pernambuco
LAMA	- Licenciamento Ambiental Municipal Agilizado
LiDAR	- <i>Light Detection And Ranging</i>
MAC	- Macrozona do Ambiente Construído
MANC	- Macrozona do Ambiente Natural e Cultural
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
NDVI	- Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NIR	- Infravermelho Próximo
ODM	- Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	- Organização Mundial da Saúde
ONU	- Organização das Nações Unidas
OMT	- Organização Mundial do Turismo
PAV	- Percentual de Área Verde
PCR	- Prefeitura da Cidade do Recife
PCS	- Programa Cidades Sustentáveis
PD	- Plano Diretor
PE3D	- Programa Pernambuco Tridimensional
RF	- Requisitos Funcionais
RNF	- Requisitos Não Funcionais
RDS	- Reserva de Desenvolvimento Sustentável
REF	- Reserva de Fauna
RESEX	- Reserva Extrativista

RPA	- Região Político-Administrativa
RPPN	- Reserva Particular do Patrimônio Natural
SBAU	- Sociedade Brasileira de Arborização Urbana
SDSN	- <i>Sustainable Development Solutions Network</i>
SEUC	- Sistemas Estadual e Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
SMAS	- Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Recife
SMUP	- Sistema Municipal de Unidades Protegidas do Recife
SNUC	- Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SR	- Sensoriamento Remoto
SUDENE	- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UC	- Unidade de Conservação
UCN	- Unidade de Conservação da Natureza
UFPE	- Universidade Federal de Pernambuco
UICN	- União Mundial para a Conservação da Natureza
UP	- Unidade Protegida
WMS	- <i>Web Map Service</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS) E OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	18
2.1.1 Desenvolvimento Sustentável	18
2.1.2 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	19
2.1.3 Indicadores de sustentabilidade	21
2.2 QUALIDADE AMBIENTAL URBANA	22
2.2.1 Índice de área verde (IAV)	23
2.2.2 Percentual de área verde (PAV)	25
2.2.3 Programa Cidades+Verdes	26
2.2.4 Programa Cidades Sustentáveis	27
2.3 ÁREAS VERDES URBANAS E ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS	28
2.3.1 Praças e Parques	30
2.3.2 Áreas Protegidas	33
2.3.3 Espaços Livres Públicos e Unidades de Conservação em Recife-PE	35
2.4 PLANEJAMENTO AMBIENTAL E URBANO	36
2.5 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)	41
2.5.1 Geoprocessamento como ferramenta de análise do território	42
2.5.2 Utilização de aplicativos e painéis de controle como apoio para gestão ambiental	44
3 METODOLOGIA	46
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	46
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
3.2.1 Levantamento bibliográfico	48
3.2.2 Projeção de dados populacionais	49
3.2.3 Coleta de base de dados das áreas verdes do Recife	50
3.2.4 Produção de mapas temáticos	51
3.2.5 Elaboração de mosaico do município a partir de imagens de satélite	52
3.2.6 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)	53
3.2.7 Cálculo do Índice de Área Verde (IAV)	54
3.2.8 Cálculo do Percentual de Área Verde (PAV)	55
3.2.9 Análise do desempenho do indicador ambiental	56
3.2.10 Elaboração de logomarca	57
3.2.11 Elaboração de painel dinâmico para visualização dos indicadores de Recife (<i>Dashboard</i>)	57
3.2.12 Elaboração da aplicação <i>web</i> e avaliação da sua correlação com os dados do IAV calculado na pesquisa	58
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1 MOSAICOS DE IMAGEM SATÉLITE DOVE E DO PROGRAMA PE3D	64

4.2 ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA DE RECIFE	64
4.3 PROJEÇÃO POPULACIONAL ARITMÉTICA PARA O ANO 2022	69
4.4 ÍNDICE DE ÁREA VERDE	73
4.4.1 Índice de área verde (IAV) considerando espaços livres públicos e áreas de Unidade de Conservação da Natureza	74
4.4.2 Índice de área verde considerando os espaços livres públicos (praças, parques e jardim botânico)	80
4.4.3 Análise de desempenho do indicador ambiental IAV	89
4.5 COBERTURA VEGETAL – NDVI E CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM.....	92
4.6 PERCENTUAL DE ÁREA VERDE	93
4.6.1 Cálculo do PAV para os bairros de Recife-PE	93
4.6.2 Análise de desempenho do indicador ambiental PAV	95
4.7 ELABORAÇÃO DE PAINEL DINÂMICO	97
4.7.1 Logomarca do projeto	97
4.7.2 Painel dinâmico com resultado dos indicadores para Recife (<i>Dashboard</i>).....	97
4.8. PROPOSTA DE APLICAÇÃO <i>WEB</i> PARA ESTIMATIVA DO IAV	101
4.8.1 Elaboração da aplicação <i>web</i> para estimativa do IAV	101
4.8.2 Avaliação da aplicação <i>web</i>	102
5 CONCLUSÕES.....	106
REFERÊNCIAS	108
APÊNDICE – PAINEL DINÂMICO PARA VISUALIZAÇÃO DOS DADOS E APLICAÇÃO <i>WEB</i>	123

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o conceito de desenvolvimento sustentável precisou ser estudado e melhor desenvolvido para que os gestores e a sociedade civil compreendessem como alcançar o desenvolvimento e progresso das cidades, ou de suas atividades, garantindo a existência do meio natural para a geração posterior. Assim, o planejamento urbano e ambiental das cidades se apresenta como importante mecanismo para garantir de fato o progresso em conjunto com o conceito de desenvolvimento sustentável. É com o planejamento das cidades que se garante a existência de áreas verdes públicas, relevantes para a dinâmica da cidade, uma vez que essas áreas influenciam na qualidade da saúde física e mental da população (Rangel; Ramos; Lyra, 2019).

Alinhados ao desenvolvimento sustentável e planejamento urbano e ambiental está a garantia da qualidade ambiental urbana das cidades. O crescente processo de urbanização dos municípios prejudica a qualidade ambiental e aspectos sociais da cidade e conseqüentemente da população residente. Dentre a distribuição das áreas urbanizadas no Brasil, Pernambuco ocupa a 12ª posição em extensão de áreas urbanizadas do país, totalizando 1.415,19 km², e considerando os municípios, Recife apresenta 514,04 km² de área urbanizada, sendo o 8º município brasileiro com grandes concentrações urbanas (IBGE, 2022a). O meio natural é substituído por centros de concentração humana nas cidades urbanizadas, contribuindo para o aumento de processos que acarretam a problemática ambiental urbana (Bargos, 2010).

A elaboração de indicadores ambientais auxilia os gestores no monitoramento e busca do desenvolvimento sustentável de suas regiões, contribuindo para amenizar os efeitos negativos causados pela urbanização. Auxiliando os líderes mundiais para o desenvolvimento sustentável, foram criados os objetivos e metas estabelecidos na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Para esta pesquisa, destaca-se o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 que descreve sobre Cidades e Comunidades Inteligentes, onde apresenta a importância da existência, manutenção e conservação das áreas verdes públicas nas cidades, tornando os espaços abertos urbanos inclusivos, sustentáveis e humanos, uma vez que contribuem para a qualidade de vida da população. Dentre as metas do ODS 11, a meta 11.7 apresenta dois indicadores para garantir até 2030, “acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência” (Brasil, 2023). Os dois indicadores da meta, até o final desta pesquisa, não apresentam metodologia ou dados coletados pelos municípios no país de modo a garantir a

meta 11.7. O indicador 11.7.1 (Proporção da área construída na cidade que é espaço público aberto para uso de todos, por sexo, idade e pessoas com deficiência) se assemelha a temática e objetivos da presente pesquisa.

O Programa Cidades Sustentáveis (PCS) relaciona seus objetivos, metas e indicadores com os que constam nos Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Um dos eixos temáticos do programa é a Gestão Local para a Sustentabilidade, que está correlacionado com o ODS 11, quando apresenta a área verde na zona urbana como um indicador e uma das variáveis de medição é o número total, em metros quadrados (m²), de área verde pública por habitante. Esta mesma variável corresponde ao cálculo do Índice de área verde (IAV), considerado um dos indicadores de qualidade ambiental para as cidades (Programa Cidades Sustentáveis, 2016). Recife, apesar de ser um dos municípios participantes do PCS, não apresenta dados disponíveis sobre este indicador, seja pelo ODS 11 ou eixo temático do PCS.

Neste contexto, considerando Recife entre as dez cidades com grandes concentrações urbanas, a importância dos ODS e do PCS, e aderente aos objetivos dos programas, a pesquisa justifica-se pela necessidade de contribuir e analisar as questões ambientais da cidade, calculando indicadores de qualidade ambiental que trazem uma leitura qualitativa e quantitativa das áreas verdes urbanas e espaços livres públicos em todos os bairros da cidade do Recife. Com o IAV e PAV é possível observar áreas com índices positivos de forma satisfatória, ou até mesmo a carência de áreas livres públicas ou áreas verdes urbanas, considerando que o déficit dessas áreas no ambiente urbano reflete na qualidade do ambiente e na qualidade de vida da população local.

A pesquisa teve por objetivo geral estimar a qualidade ambiental dos bairros da cidade do Recife-PE através da análise do Índice de Área Verde (IAV) e Percentual de Área Verde (PAV). Propõe-se também com este trabalho uma aplicação *web* para estimativa de cálculo do IAV em outros locais e que está disponível para acesso através do link <https://experience.arcgis.com/experience/2c467b28d5ec4d8da490d0ed78027c40/>

1.1 OBJETIVOS

Para a realização deste trabalho, foram traçados os seguintes objetivos:

1.1.1 Objetivo Geral

Estimar a qualidade ambiental dos bairros da cidade do Recife-PE através do cálculo do Índice de Área Verde (IAV) e Percentual de Área Verde (PAV).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Calcular o IAV dos bairros da cidade do Recife-PE;
- Calcular e analisar impacto da inclusão das áreas de Unidade de Conservação da Natureza no cálculo do IAV;
- Calcular o PAV dos bairros da cidade do Recife-PE a partir do NDVI e classificação de imagem;
- Analisar o IAV e PAV para os bairros da cidade do Recife-PE de acordo com parâmetros mínimos estabelecidos;
- Realizar mapeamento a partir da análise dos resultados obtidos quanto a distribuição do IAV e PAV na cidade;
- Apresentar o desempenho do indicador ambiental;
- Elaborar um painel dinâmico para visualização dos indicadores (*Dashboard*);
- Desenvolver aplicação *web* para cálculo estimado do IAV para outros municípios da Região Metropolitana do Recife;
- Avaliar a aplicação *web* a partir do IAV calculado na pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS) E OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

2.1.1 Desenvolvimento Sustentável

O início dos debates de como o homem estava se relacionando com o meio ocorreu após Revolução Industrial, quando a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a Conferência de Estocolmo, na Suécia em 1972 (Ribeiro; Silva, 2019). Em 1987, o conceito de desenvolvimento sustentável teve sua definição mais elaborada e estabelecida, a partir do relatório *Nosso Futuro Comum (Our Common Future)*, produzido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) (Leite; Awad, 2012; Souza; Silva, 2019).

Em 1992, a conceituação apresentou o ápice na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro (Rio 92 ou ECO-92) (Leite; Awad, 2012; Sirvinskas, 2018). A partir da ECO-92 a sustentabilidade foi difundida, sendo incorporada ao vocabulário de empresas, sistemas de comunicação, e sociedade de civil, que buscavam ser politicamente corretos, associando o desenvolvimento como algo inevitável, mas em conjunto com as questões socioambientais (Souza; Silva, 2019). Nesta Conferência foi aprovada a Agenda 21, documento confirmado pelos países e adotada para “transformar o desenvolvimento sustentável em uma meta global aceitável” (Van Bellen, 2006, p. 52), em que estão descritas as necessidades do uso sustentável dos recursos naturais e do planejamento ambiental, para que sejam garantidos meio natural e seus recursos para a geração futura, bem como a redução da pobreza urbana, que só será possível mediante o planejamento e a administração do uso sustentável do solo (Franco, 2001).

O desenvolvimento sustentável é algo além de um estado fixo de harmonia, independentemente de como são trabalhadas as questões em torno do tema, é um processo que se caracteriza por ser um processo de mudança que deve ser trabalhado de forma criativa na proposição de decisões inovadoras compatíveis com as necessidades do futuro sobre a exploração de recursos, o gerenciamento de investimentos, a orientação do desenvolvimento e as mudanças institucionais, atendendo também as necessidades do presente, tendo em vista a existência e complexidade do problema (Franco, 2001; Nishimura; Merino; Merino, E, 2020).

2.1.2 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

A virada do milênio nos anos 2000 acarretou um novo olhar da ONU para impulsionar a discussão sobre o desenvolvimento sustentável, realizando em Nova Iorque um encontro com líderes e organizações mundiais, intitulado de Cúpula do Milênio. Na ocasião foi estabelecido e criado o documento Declaração do Milênio, com prioridades de extinguir a extrema pobreza e a fome, proteger o planeta, e garantir a prosperidade e paz das pessoas. A declaração se tornou o documento de referência para o compromisso de promover a dignidade das pessoas, que resultou nos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), subdivididos em 21 metas, composta por 60 indicadores, com meta para serem atingidos até o ano de 2015 (Souza; Silva, 2019; Bega *et al.*, 2021) (Figura 1).

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio Brasil (ODM)



Fonte: Brasil, [s.d]

No ano de 2012 foi realizada no Rio de Janeiro a Conferência Rio+20, onde foram abordadas e incorporadas na agenda da política ambiental as questões sobre sustentabilidade urbana (Souza; Silva, 2019). Em seguida, no ano de 2015, ocorreu a revisão dos 8 ODM, com nova série de metas e indicadores incorporados, passando a ser intitulado de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), composto por 17 objetivos, 169 metas e 231 indicadores (Figura 2).

Os ODS deram continuidade aos ODM que não foram atingidos até 2015, vigorando com novo prazo para 2030, sendo lançada a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, acordo mundial para renovar os compromissos globais dos países (Alves, 2015; Souza; Silva, 2019; Cardoso; Santos Jr, 2019).

Figura 2 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: Brasil, 2023

Conforme Gaertner *et al.* (2021), para a criação da Agenda 2030, foram primordiais a evolução e os conteúdos apresentados pelos ODM, se tornando referências importantes no cenário sociopolítico para da Agenda 2030, que apresentou avanços importantes na proposição de novas metas e indicadores. Para os autores, o documento apresenta como desafio trabalhar com dimensões de diferentes escalas quanto as questões sociais e ambientais, sem limites geopolíticos em decorrência das dimensões dos problemas ambientais.

No Brasil, os ODS descritos na Agenda 2030 são alinhados com os ODS da ONU, e possuem para seu monitoramento, indicadores divididos em: produzidos, em análise ou construção, e indicadores ainda sem dados. Cada uma das 169 metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável está vinculada a diferentes indicadores de desenvolvimento sustentável. Estes indicadores “são instrumentos essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável” (IBGE, 2015, p. 12).

Dentre os ODS, o que se configura alinhado com objetivo da pesquisa é o ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis, que apresenta a meta 11.7 - Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência, e possui como um dos indicadores o indicador 11.7.1 - Proporção da área construída das cidades que é espaço público aberto para uso de todos, por sexo, idade e pessoas com deficiência. Os indicadores da meta 11.7 buscam deter a disponibilidade de espaços públicos e o grau de segurança destes locais nas cidades, para que sejam espaços utilizados pela população.

Porém, no Brasil não existe metodologia para a aplicação do indicador ou dados coletados e disponíveis para medi-los nas cidades brasileiras (Brasil, 2019; Brasil, 2023). Assim, buscou-se apresentar na pesquisa os espaços públicos abertos para população e uma metodologia que se aplique para o cálculo do indicador ambiental atrelado ao tema, de acordo com bibliografia existente, como efetuado por Peixoto (2023) na pesquisa intitulada “Cálculo do indicador ODS 11.7.1: estudo de caso com base em dados de fontes abertas”.

Observa-se que a percepção de que em todos os ODS, os indicadores são um desafio da Agenda 2030, para que se tenha uma produção confiável dos dados, e que sejam de qualidade, de forma periódica, acessíveis e relevantes, por meio de fontes oficiais no país (Kronemberger, 2019).

2.1.3 Indicadores de sustentabilidade

Para acompanhar o atendimento dos ODS, há necessidade de se acompanhar os indicadores estabelecidos para o alcance das metas. Na bibliografia, indicador vem do latim *indicare*, que significa revelar ou tornar publicamente conhecido, para estimar ou colocar um preço. Surgem para comunicar informações sobre progresso em relação a metas sociais, como as metas do desenvolvimento sustentável, e tem como principal objetivo apresentar sua importância agregando e quantificando as informações (Hammond *et al.*, 1995; Van Bellen, 2004). Porém, a definição do termo “indicador” no meio científico pode variar conforme o autor, simplificando as informações de fenômenos complexos, para que seja possível uma melhora no processo de comunicação (Van Bellen, 2004; Minayo, 2009).

Para Cunha e Ribeiro-Filho (2023, p. 24), o termo indicadores “define os elementos que possuem como objetivo apontar ou mostrar algo a alguém, expressando o desempenho de processos durante um período e/ou impondo ações”, estão presentes em nosso cotidiano e servem para auxiliar nas análises cotidianas e acadêmicas. Os indicadores, aplicado em diferentes áreas, permitem que seja feita, de forma técnica e abrangente, um comparativo sobre a realidade, a partir de um processo sistemático que pode direcionar o aperfeiçoamento dos resultados esperados e dos impactos causados.

De acordo com a Organização Mundial do Turismo – OMT (2005), os indicadores trabalham como forma de medidas para se mensurar a existência de dificuldades conhecidas, ou indicação de problemas que possam vir a existir, medindo os riscos e necessidade de ações potenciais e os meios de como identificar e avaliar os resultados dessas ações. A necessidade do desenvolvimento de indicadores de desenvolvimento sustentável se deu na criação da Agenda 21 durante a ECO-92, sendo adotada um programa de cinco anos para criação de instrumentos para os líderes tomadores de decisões a respeito do desenvolvimento sustentável (Van Bellen, 2006).

Um indicador pode ser entendido como a simplificação de análise de informações sobre um fenômeno, de forma compreensível e que possa ser quantificada, podendo comunicar ou informar sobre o progresso de uma meta, ou ser entendido como um recurso que deixa uma

tendência ou fenômeno mais perceptível e não é detectável de forma imediata (Souza; Andrade; Cândido, 2008; Sanches; Schmidt, 2016).

O objetivo de um indicador, segundo Van Bellen (2006), é o de agregar e apresentar a quantificação de informações, para que o seu significado se torne mais aparente, simplificando as informações relacionadas a fenômenos complexos e melhorando assim a comunicação. Portanto, de acordo com Souza, Andrade e Cândido (2008) a criação de um instrumento para mensurar problemas conhecidos é entendido como um dos maiores desafios para a construção do desenvolvimento sustentável. Para os autores, se analisado o indicador isoladamente, ele passa a ser visto como uma ferramenta que pode ter uma ou mais variáveis, com significados mais amplos.

Assim, quando se fala de indicadores de desenvolvimento sustentável, pode se dizer que “são instrumentos essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável” (Souza; Andrade; Cândido, 2008, p. 655). Os indicadores quando utilizados, operacionalizam o conceito de desenvolvimento sustentável, tornando-o em algo mais compreensível e mensurável (Melo; Van Bellen, 2019).

2.2 QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

As condições ambientais brasileiras foram alteradas ao longo do processo de urbanização, acarretando a degradação da qualidade ambiental urbana conforme ocorre a exploração massiva dos recursos naturais no meio urbano.

Observa-se assim a destruição das áreas verdes, que são primordiais para garantia da qualidade ambiental, tendo em vista sua importância para preservação de mata nativa, controle térmico, melhores condições de microclima local e garantia de espaços de convívio e lazer para população (Chaves, 2017; Villwock; Gusmão; Donato, 2018). De acordo com Bargas e Matias (2012), a vegetação das áreas urbanas apresentam potencial relacionado a qualidade ambiental para a população, por isso se justifica a manutenção dessas áreas, por interferirem na qualidade de vida das pessoas e nos impactos negativos decorrentes da urbanização.

Conforme Chaves (2017), o ambiente urbano está relacionado com a continua impermeabilização do solo e poluição da água e ar, devido atividades antrópicas. Essa condição também está relacionada ao crescimento urbano desordenado das cidades, assim, a autora apresenta a importância de espaços livres e áreas verdes públicas na cidade, que garantem a qualidade e de vida da população.

Para quantificar as áreas verdes urbanas, a análise da qualidade ambiental da região e o

desempenho positivo dessas áreas no espaço urbano das cidades, foram desenvolvidos indicadores ambientais que expressam a qualidade ambiental de uma cidade, e podem ser utilizados no planejamento urbano e ambiental dos municípios, sendo alguns deles o cálculo da Densidade Populacional (DP), o Percentual de Áreas Verdes (PAV), o Índice de Áreas Verdes (IAV), e o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana (ICVAU) (Toledo; Mazzei; Santos, 2009; Lucon; Prado Filho; Sobreira, 2013). Além dos indicadores, alguns programas valorizam a manutenção e conservação dessas áreas nas cidades, como o Programa Cidades+Verdes e o Programa Cidades Sustentáveis. Para a presente pesquisa, foram estudados os IAV e PAV, e os programas relacionados.

2.2.1 Índice de área verde (IAV)

O Índice de Área Verde (IAV) é um dos índices que caracteriza e apresenta a qualidade ambiental das áreas verdes públicas urbanas. Trata-se de um indicador socioambiental que exprime a relação entre a soma da área verde urbana e o total de habitantes da área estudada, resultando o valor médio da área disponível por habitantes (Toledo; Mazzei; Santos, 2009; Lucon; Prado Filho; Sobreira, 2013; Souza; Amorim, 2019; Ramos; Nunes; Dos Santos, 2020).

Diferentes metodologias classificam as áreas verdes urbanas para cálculo do IAV. Para Nucci (2008) e Lucon, Prado Filho, e Sobreira (2013) deve-se considerar áreas verdes públicas aquelas que estão em área urbana e estão diretamente relacionadas com o uso da população, sendo espaço livre público destinado para o lazer, recreação, bem-estar social, isolamento acústico, dentre outras funções e benefícios considerados para essas áreas.

Para o cálculo do índice de área verde de uma região, é necessário o entendimento do que são essas áreas. Os espaços verdes em ambientes urbanos que são utilizados pela população fazem parte de uma infraestrutura que apresenta benefícios ambientais, econômicos e sociais para os habitantes da região. Quando não existem espaços como estes planejados no meio urbano, ou quando há uma redução de áreas verdes nas cidades, considera-se que há um déficit ambiental urbano, interferindo na qualidade ambiental e bem-estar da população local, além de contribuir para redução da biodiversidade da fauna e flora no ecossistema urbano (Lucon; Prado Filho; Sobreira, 2013; Ives *et al.*, 2017).

Sobre a recomendação mínima da distribuição de área verde por habitante, há divergência do ideal utilizado por diferentes autores na literatura existente. A Organização Mundial da Saúde (OMS) apresenta como resultado mínimo ideal $9\text{m}^2/\text{hab}$ para zona urbana e na região da América Latina e Caribe, sendo o índice ideal compreendido entre 10 e 16m^2

(Bargos; Matias, 2012; Silva; Santos; Oliveira, 2016; Ramos; Nunes; Dos Santos, 2020; Guilherme; Reolon, 2020).

No Brasil encontram-se estudos que apresentam o mínimo de 12m²/hab e de acordo com Silva, Santos, e Oliveira (2016) essa referência se dá para o índice aplicado para parques de bairro e distritais na Alemanha, mas também é um limiar atrelado a OMS. Para Benini (2017), deve-se ter cuidados com a universalização de um índice de área verde devido as diferentes características próprias dos assentamentos, como escala da cidade, adensamento, verticalização e as condições geográficas e ambientais da região, pois, são características que determinam a demanda por áreas verdes.

Nas pesquisas realizadas no país há referências à “Carta a Londrina e Ibiporã” da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) no ano de 1996, que recomenda 15m²/hab como o índice mínimo para assegurar a qualidade de vida da população, sendo também o valor utilizado para diferentes pesquisas (Silva; Santos; Oliveira, 2016; Faustino *et al.*, 2019; Guilherme; Reolon, 2020). Diferentes autores no território nacional utilizam o IAV para entender a quantificação e espacialização das áreas verdes urbanas disponíveis para a população e a qualidade ambiental da área de estudo.

No Quadro 1 apresenta-se o IAV mínimo utilizado ou apenas mencionado nos trabalhos científicos de diferentes autores, em diversas regiões do país, para o estudo do indicador ambiental.

Quadro 1 - Estudos sobre IAV em cidades brasileiras e valor mínimo utilizado

(continua)

AUTOR(ES)	ÁREA DE ESTUDO	IAV DE REFERÊNCIA ADOTADO / MENCIONADO
Almeida (2021)	Cacoal/RO	15 m ² /hab (SBAU)
Souza <i>et al.</i> (2021)	Goianorte/TO	9 m ² /hab (OMS)
Guilherme e Reolon (2020)	Cianorte/PR	15 m ² /hab (SBAU)
Maróstica <i>et al.</i> (2020)	São Paulo/SP	12 m ² /hab (OMS)
Jardim; Umbelino (2020)	Diamantina/MG	15 m ² /hab (SBAU)
Ramos <i>et al.</i> (2020)	Goiânia/GO	9 m ² /hab (OMS), 12m ² /hab (ONU), 15 m ² /hab (SBAU)
Maróstica (2019)	São Paulo/SP	12 m ² /hab (Prefeitura de SP)
Garcia <i>et al.</i> (2018)	Rondonópolis/MT	15 m ² /hab (SBAU)
Silva (2018)	Uberlândia/MG	12m ² /hab (ONU)
Benini (2017)	Tupã/SP	12 m ² /hab (OMS)
Silva <i>et al.</i> (2016)	Gurupi/TO	15 m ² /hab (SBAU)
Silva (2016)	Três Rios/RJ	12 m ² /hab (OMS) e 15 m ² /hab (SBAU)
Lopes e Guerra (2016)	Prata/MG	12 m ² /hab (PCS)
Lucon <i>et al.</i> (2013)	Ouro Preto/MG	12 m ² /hab (OMS) e 15 m ² /hab (SBAU)
Arruda <i>et al.</i> (2013)	Mossoró/RN	15 m ² /hab (SBAU)
Benetti (2013)	Passo Fundo/RS	15 m ² /hab (SBAU)
Silva (2014)	Itaipu/PR	12 m ² /hab (OMS) e 15 m ² /hab (SBAU)
Araújo e Ferreira (2014)	Juiz de Fora/MG	15 m ² /hab (SBAU)

Quadro 1 - Estudos sobre IAV em cidades brasileiras e valor mínimo utilizado
(conclusão)

AUTOR(ES)	ÁREA DE ESTUDO	IAV DE REFERÊNCIA ADOTADO / MENCIONADO
Freire <i>et al.</i> (2012)	Paranavaí/PR	15 m ² /hab (SBAU)
Toledo (2012)	Uberlândia/MG	12 m ² /hab (OMS)
Bargos e Matias (2012)	Paulínia-SP	15 m ² /hab (SBAU)
Bargos (2010)	Paulínia-SP	12 m ² /hab (OMS) e 15 m ² /hab (SBAU)
Costa e Ferreira (2009)	Juiz de Fora/MG	15 m ² /hab (SBAU)
Toledo <i>et al.</i> (2009)	Uberlândia/MG	12 m ² /hab (OMS)
Harder <i>et al.</i> (2006)	Vinhedo/SP	15 m ² /hab (SBAU)
Rosset (2005)	Erechim/RS	9 m ² /hab (OMS)

Fonte: Autora, 2023

Observa-se assim que não há um consenso entre os autores sobre o valor ideal de m²/hab, e que há predileção entre os autores para apresentarem em seus estudos o indicativo mínimo de área verde de 15m²/hab, conforme orientações da SBAU. Porém, para comparar os índices indicados entre as organizações, outros autores preferem comparar os índices da SBAU e da OMS com os resultados obtidos em suas análises. Deste modo, no desenvolvimento desta pesquisa, adotou-se o índice mínimo de 15m²/hab proposto pela SBAU.

2.2.2 Percentual de área verde (PAV)

Assim como o IAV, o percentual de área verde é considerado um indicador de qualidade ambiental da área de estudo. Alguns autores utilizam a área verde total do município para o cálculo, a área de espaços públicos, ou até mesmo apenas as áreas de copa das árvores, este último sendo chamado de percentual de cobertura vegetal. Observa-se que a depender da metodologia utilizada para a área verde a ser calculada, esta direciona a nomenclatura dada ao indicador. Para Oliveira (1996, p. 52), o PAV “é um indicador de qualidade ambiental, estando diretamente associado com funções ecológicas de controle climático e manutenção do regime hidrológico pela manutenção da capacidade de infiltração do solo”.

De acordo com Oliveira (1996) e Lucon, Prado Filho, e Sobreira (2013), o PAV é um indicador que quantifica as áreas não edificadas da cidade, incluindo em seu cálculo todas as áreas verdes, independente se de uso coletivo, disponível para visitação ou acessibilidade do espaço. É calculado através da soma da concentração de áreas verdes em relação a área de estudo, medido em porcentagem. Bargos (2010) alerta que ter um elevado percentual ou quantidade de área verde não corresponde necessariamente a um índice positivo, tendo em vista que o cálculo pode estar sendo realizado em uma área de pouca extensão territorial.

Alguns autores não utilizam parâmetros mínimos para análise do cálculo do PAV. A

maior parcela de autores compara seus resultados com outros indicadores, como o IAV, ou o PAV é comparado entre diferentes áreas da mesma região (setores censitários, bairros, regiões urbanas, dentre outros), e com outras cidades em que o estudo já foi realizado. Porém, para parâmetro de PAV nesta pesquisa, estabeleceu-se os valores de 30% como valor satisfatório para PAV, e áreas com percentual menores que 5% são consideradas deserto florístico, conforme apresentado e estabelecido nos trabalhos de Garcia *et al.* (2018), Rocha e Nucci (2018) e Rodrigues e Luz (2019),

2.2.3 Programa Cidades+Verdes

Em abril/2022 a Prefeitura do Recife divulgou, por meio da Secretaria de Meio Ambiente, que Recife se destacava como a segunda capital do país com mais áreas verdes urbanas. Diz respeito ao ranking das cidades cadastradas no Programa do Governo Federal para áreas urbanas, intitulado Cidades+Verdes, voltado para gestão, ampliação, recuperação e manutenção das áreas verdes nas cidades, alinhado à Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/1981), com o Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/2001), e com Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012) (Brasil, 2021).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2021), o programa visa aumentar as áreas verdes nos centros urbanos, executando projetos de criação, ampliação, recuperação e integração de áreas verdes urbanas com apoio dos municípios, fazendo parte de um dos eixos da Agenda Ambiental Urbana.

Por apresentar uma lacuna das informações de áreas verdes e qualidade ambiental urbana das cidades, o Programa institui os seguintes objetivos: 1. Criar, ampliar, recuperar e integrar áreas verdes urbanas; 2. Aprimorar a gestão ambiental urbana por meio de ferramentas de mapeamento e monitoramento das áreas verdes urbanas; 3. Estabelecer diretrizes, indicadores, categorias e tipologias para o planejamento, implantação e monitoramento de áreas verdes urbanas; 4. Melhorar a qualidade de vida nas cidades, valorizando a prestação de serviços ecossistêmicos dessas áreas. Os municípios que possuem suas áreas registradas no Cadastro de Ambiental Urbano (CAU) recebem recursos do programa, incentivando a manutenção das áreas verdes.

Para o cadastro das áreas dos municípios, o programa apresenta categorias e tipologias das áreas verdes urbanas. As categorias foram elencadas com base nos serviços ecossistêmicos e relevância desses serviços nas áreas urbanas, conforme suas tipologias. As tipologias utilizadas no CAU são: Praça, Canteiro, Jardim Zoológico, Área Verde Institucional, Horto

Florestal, Jardim Botânico, Agricultura Urbana, Parque, Bosque, e Áreas Protegidas Urbanas.

Até Abril/2024 a Gestão Municipal de Recife havia cadastrado no programa 582 áreas verdes, divididas pelas tipologias, como: 18 parques; 562 praças; 01 jardim botânico; 01 agricultura urbana, totalizando 578 hectares de área verde (Recife, 2022b).

2.2.4 Programa Cidades Sustentáveis

O Programa Cidades Sustentáveis (PCS), é apartidário, sendo uma iniciativa da Rede Nossa São Paulo, da Rede Social Brasileira para Cidades Justas e Sustentáveis e do Instituto Ethos, realizando parcerias com instituições de ensino e governos, oferta conteúdos, metodologias e ferramentas do programa de forma gratuita através de uma plataforma web, de modo a auxiliar a gestão e planejamento municipal. O PCS funciona como agenda de sustentabilidade urbana com a utilização de indicadores, incorporando no planejamento das cidades assuntos das dimensões social, ambiental, econômica, política e cultural (Melo; Van Bellen, 2019; Programa Cidades Sustentáveis, 2020; Souza; Lima; Porto, 2023).

PCS tem por objetivo “mobilizar, sensibilizar e comprometer a sociedade e o poder público para um desenvolvimento justo e sustentável das cidades brasileiras” (Programa Cidades Sustentáveis, 2020, p. 01), em busca da melhoria de vida das pessoas combatendo desigualdades, promovendo direitos humanos, participação social, defesa do meio ambiente e transparência. Está estruturado em doze eixos temáticos (ação local para a saúde; bens naturais comuns; consumo responsável e opções de estilo de vida; cultura para a sustentabilidade; economia local dinâmica, criativa e sustentável; do local para o global; educação para a sustentabilidade e qualidade de vida; equidade, justiça social e cultura de paz; governança; gestão local para a sustentabilidade; melhor mobilidade, menos tráfego; planejamento e desenho urbano) correlacionados com os ODS.

O programa disponibiliza um Guia Gestão Pública Sustentável, no qual estão descritas detalhadamente os eixos temáticos e sua relação com os ODS, listando indicadores, metodologia para cálculo, fonte e meta de referência (Melo; Van Bellen, 2019; Programa Cidades Sustentáveis, 2016). Sendo o ODS 11, meta 11.7, e indicador 11.7.1 que estão correlacionados com essa pesquisa, e os eixos temáticos do PCS que estão em conformidade com o mesmo ODS e meta são: Gestão Local para a Sustentabilidade e o eixo Planejamento e Desenho Urbano.

Dentre esses dois eixos temáticos do PCS, o que está diretamente ligado a esta pesquisa é o eixo Gestão Local para a Sustentabilidade, que tem por objetivo principal que “o município

tenha instrumentos para buscar o desenvolvimento em harmonia com a preservação ambiental, de forma que os recursos naturais sejam utilizados de maneira racional e renovável e, ao mesmo tempo, promover os necessários avanços sociais” (Programa Cidades Sustentáveis, 2016, p. 35). Este eixo apresenta como primeiro indicador o “Área verde na zona urbana”, que corresponde as variáveis de total de metros quadrados de área verde pública por habitante e percentual da população que vive em um raio de até 300m de áreas verdes.

Apesar de Recife ser um dos municípios que aderiu ao PCS, sendo uma cidade signatária no período de 01/01/2017 até 31/12/2020 e atualmente no período de 01/01/2021 até 31/12/2024, e enviar suas áreas verdes urbanas para o Programa Cidades+Verdes, o município não apresenta dados para este indicador do eixo Gestão Local para Sustentabilidade.

2.3 ÁREAS VERDES URBANAS E ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS

As cidades são constituídas por áreas urbanas não ocupadas por volume edificado, denominadas espaços livres, locais em que a população pode praticar atividades como caminhada, descanso, lazer, esportes e recreação (Carvalho *et al.*, 1999; Magnoli, 2006).

Sobre as áreas verdes urbanas, de acordo com Varga *et al.* (2022), a paisagem urbana se contrapõe entre áreas permeáveis e não permeáveis, em que se observa a presença da natureza nas áreas verdes da cidade, em áreas permeáveis e nos espaços públicos e privados que possuem parques naturais, unidades de conservação, praças, passeios, quintais, e arborização viária. Para Bargas e Matias (2012), essas áreas verdes na paisagem urbana assumem importante papel para manutenção e melhoria da qualidade ambiental urbana, principalmente nas cidades em que a urbanização ocorreu de forma inadequada e por consequência sofrem com diferentes quadros de degradação ambiental.

Diferentes autores descrevem sobre a necessidade de se propor estudos sobre revisão e proposta conceitual sobre áreas verdes, tendo em vista que sempre está relacionado com a ausência de uma definição concreta sobre as áreas a serem usadas no indicador de qualidade ambiental para cálculo do IAV (Guilherme; Reolon, 2020; Bargas; Matias 2011).

Essas áreas verdes urbanas utilizadas para o IAV se apresentam como uma categoria dos espaços públicos livres de construção, composto por vegetação, e diferindo conceitualmente de cobertura vegetal, pois proporcionam atividades de lazer ou contemplação para a população, sendo caracterizada por possuir diferentes funções, como: social, ecológico-ambiental, estética, psicológica, educativa, e de lazer (Nucci; Carvalho, 1999; Bargas; Matias, 2011; Gusmão;

Bovo, 2016). Para Ramos, Nunes e Dos Santos (2020), existem diferentes análises das funções das áreas verdes, que auxiliam na promoção e valorização da presença dessas áreas nas cidades.

Na legislação brasileira, de acordo com Resolução CONAMA Nº 369/2006 (Brasil, 2006a), as áreas verdes de domínio público são conceituadas como “o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres”. São as áreas presentes na malha urbana, privadas ou públicas, que contribuem para o equilíbrio do sistema ambiental urbano e na qualidade de vida da população (Chaves, 2017).

Assim, entende-se que são espaços importantes e indispensáveis para o sistema urbano a partir do momento que cumprem com suas funções (ambientais e sociais), além de amenizarem percepções e sensações indesejáveis no meio urbano, pois as áreas verdes colocam o indivíduo em uma área de lazer, cercado pelo ambiente natural em meio a cidade, quebrando a paisagem cinzenta que se apresenta na maioria das áreas urbanas (Villwock; Gusmão; Donato, 2018).

Os espaços livres das cidades, de acordo com Tardin (2008), são aqueles vistos como partes do território e não ocupadas por edificações ou infraestruturas viárias. Esses espaços livres caracterizados no contexto da estrutura urbana são espaços livres de uso público, pois outros espaços livres são possíveis de se identificar na composição da malha urbana, mas não são de uso público, tais como: quintais residenciais, e áreas de condomínio fechado (Sá Carneiro; Mesquita, 2000).

Sales (2019) afirma que nas cidades médias do Brasil os espaços livres faziam parte de um sistema complexo correlacionado com o ambiental (proteção, manutenção, conforto e drenagem) e o funcional (mobilidade das pessoas e malha urbana). Para o autor, os espaços livres urbanos são heterogêneos com variedades de formas e tamanhos, e são considerados os pulmões das cidades, sejam jardins ou grandes áreas verdes, contribuindo para garantir a conservação do ambiente natural nos centros urbanos. Sendo assim, reafirmando as considerações de Carvalheiro *et al.* (1999), Magnoli (2006) e Tardin (2008), o autor descreve os espaços livres como espaços não edificados, que são essenciais para garantir a permeabilidade do solo, sendo espaços de livre acesso do público.

Nucci (2008) caracteriza os espaços livres como espaços de uso público, onde o cidadão possa utilizar para momentos de lazer, principalmente as crianças e idosos. O autor estabelece como dever do Poder Público fornecer para a população um sistema de espaços livres em que todos possam fazer uso para recreação ao ar livres. Assim,

Esses ambientes devem ser agradáveis e estéticos, com acomodações e instalações variadas de modo a facilitar a escolha individual. Devem ser livres de monotonia e isentos das dificuldades de espaço e da angústia das aglomerações urbanas. Principalmente para as crianças é fundamental que o espaço livre forneça a possibilidade de experienciar sons, odores, texturas, paladar da natureza; andar descalço pela areia, gramado; ter contato com animais como pássaros, pequenos mamíferos, insetos, etc. (Nucci, 2008, p. 109).

Carvalho *et al.* (1999) pontua que esses espaços livres públicos nos centros urbanos são as áreas verdes dos municípios, onde o elemento fundamental que a compõe é a vegetação, sendo espaços que colaboram para a qualidade ambiental urbana e qualidade de vida da população.

Diante das conceituações, o espaço público é caracterizado como um espaço de troca social, diálogos, interações e convivências, podendo apresentar visibilidade para a população que faz uso do espaço, compreendendo assim uma concepção mais ampla do que apenas um espaço comum no uso habitual nas cidades (Luz; Cutrim; Reis Luz, 2023).

Para esta pesquisa, não são considerados como áreas verdes os espaços como canteiros, jardins ornamentais, vegetação de rotatórias, árvores isoladas, e arborização ou cobertura vegetal, por serem verdes de acompanhamento viário, se caracterizam por ser apenas as árvores que pertencem a arborização urbana, consideradas cobertura vegetal, e pertencem a categoria de espaços construídos por estarem associados às calçadas (Carvalho *et al.*, 1999; Nucci, 2008; Ives *et al.*, 2017; Jardim; Umbelino, 2020; Maróstica *et al.*, 2020).

Tendo em vista a conceituação dos autores sobre áreas verdes urbanas, como espaços livres públicos destinados ao lazer, contemplação, e descanso, para primeiro cálculo consideram-se áreas verdes para o índice de área verde desta pesquisa, aquelas que se configuram como espaço livre público que são relacionadas com uso livre e direto da população da região de estudo, composta por praças, parques e jardins. Essa mesma metodologia foi utilizada por Toledo, Mazzei e Santos (2009), Silva, Santos, e Oliveira (2016), Maróstica *et al.* (2020), e Ramos *et al.* (2020). Posteriormente, além das áreas verdes consideradas nos espaços livres públicos da cidade, foi utilizada metodologia incluindo as áreas de acesso público ou restrito das unidades de conservação, conforme metodologia utilizada por Luz (2020). As unidades de conservação foram inseridas no contexto devido sua representatividade da malha urbana da cidade do Recife.

2.3.1 Praças e Parques

A cidade é considerada um sistema aberto, híbrido e diverso, local onde acontecem relações entre os habitantes e seus espaços. As praças fazem parte desses espaços na cidade,

que apresentam funções de acordo com a história, estabelecendo significados de acordo com as relações sociais existentes no local. São consideradas espaços livres públicos com função de convívio social, onde ocorrem vivência, diálogo, troca de experiência, inseridos na malha urbana, que a partir dessas funções e atividades, agregam valores nas culturas e costumes dos habitantes e usuários, que a partir do uso dado ao local, gera para os usuários a identidade com o local e ideia de pertencimento daquele espaço (Sá Carneiro; Mesquita, 2000; Luz; Cutrim; Reis Luz, 2023).

As praças, para Recife e Leitão (2002, p. 21) “são unidades urbanísticas fundamentais para a vida urbana”, desempenham importante papel na vida social das diferentes sociedades em que é inserida, sendo fundamentais nas cidades ocidentais. Em conjunto, o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2021) apresenta o espaço destinado as praças como espaços públicos de livre circulação inseridos na área urbana e que apresentam diferentes atividades (convivência, recreação, atividades econômicas e culturais).

Cada praça apresenta sua utilidade no meio urbano, e usos que indicam como a população se apropria desse espaço, proporcionando ainda diversas funções que se definem a partir de como a sociedade expressa a vida coletiva. Para os autores, as praças no Recife apresentam as funções de estar, descanso, lazer, esporte, contemplação, de festa, ecológica, estética, educativa e psicológica (Quadro 2), podendo uma praça desempenhar mais de uma função. “É pelo uso que as pessoas fazem de uma praça qualquer um espaço importante para o seu cotidiano e conseqüentemente para o convívio social” (Recife; Leitão, 2002, p. 25), e enquanto convívio social, essa é a maior função de um espaço público como uma praça.

Quadro 2 - Função das praças na cidade do Recife-PE

FUNÇÃO	DEFINIÇÃO
ESTAR	Espaços utilizados pela população para jogar dominó, conversar, utilizada para passar o tempo, exemplo da Praça do Diário.
DESCANSO	Aonde a população vai para descansar no dia a dia, ou fazem uso para se proteger do clima quente. Essa função é observada na Praça do Entroncamento.
LAZER	Locais em que a população vai para se divertir, usufruir do tempo livres, a exemplo das praças do Derby e Praça do Arsenal.
ESPORTE	São as praças destinadas à prática de esportes, como acontece na Praça da Torre.
CONTEMPLAÇÃO	Local em que a população tem por objetivo contemplar a paisagem, a exemplo da Praça da República e Praça do Marco Zero.
FESTA	Função estabelecida na Praça do Marco Zero e em diferentes praças dos bairros em que acontecem celebrações populares ou religiosas.
ECOLÓGICA	Devido a presença da vegetação, fauna diversificada e solo natural, essas praças promovem melhorias no clima da cidade, na qualidade do ar, da água e do solo.
ESTÉTICA	Graças a qualidade estética da concepção projetual, permitem a diversificação da paisagem construída e o embelezamento da cidade.
EDUCATIVA	Praças em que são desenvolvidas atividades extraclasse e de programa de educação.
PSICOLÓGICA	Espaços onde as pessoas relaxam quando tem contato com os elementos naturais, são espaços que funcionam como ambientes antiestresse.

Fonte: Autora (2023), com dados de Recife e Leitão (2002)

De acordo com Luz, Cutrim e Reis Luz (2023), mesmo que a praça represente um espaço destinado aos encontros e troca social, essas funções e usos dados ao local pela população se modificam e se adequam conforme acontecem as transformações no espaço e na sociedade.

A conceituação de praça dada por diferentes autores está sempre relacionada com o bem-estar que esse espaço produz ao meio, vizinhos, e aos usuários do local, como afirma Gusmão e Bovo (2016, p. 442), conceituando a praça como “um espaço público urbano marcado pela convivência humana”, assim, remete aos espaços das cidades gregas e fóruns romanos por serem considerados espaços de origem longínqua. Na atualidade, todas as cidades possuem praças que apresentam um referencial, sendo um espaço de encontro e centralidade para a população (Dall’igna Ecker, 2020), onde ocorrem diferentes atividades e interações sociais.

Quanto os parques, estes são espaços públicos com diversidade de finalidades, inseridos nas áreas urbanas ou em áreas de transição do espaço urbano e o espaço rural. São espaços em que há predominância de características naturais, cobertura vegetal, em que se destina à proteção, conservação e uso sustentável de serviços ecossistêmicos, atividades sociais, recreação, lazer, contemplação, prática de atividades esportivas, culturais, econômicas. É um espaço em que se pode também fazer uso de atividades voltadas para a educação ambiental e pesquisas, e não ocorra interferências por um ambiente construídos em seu entorno (Macedo; Sakata, 2010; Brasil, 2021).

De acordo com Campos *et al.* (2020), os parques urbanos diferem de praças e jardins públicos por possuírem áreas verdes mais extensas e exercem uma maior quantidade de funções. Esses espaços naturais de convivência, lazer e recreação nas cidades, surgiram durante o processo de urbanização, devido demanda da sociedade por espaços mais amenos em meio a conturbação das cidades. Na pesquisa sobre os espaços livres da cidade do Recife, Sá Carneiro e Mesquita (2000, p. 28) conceituam os parques como “espaços livres públicos com função predominante de recreação, ocupando na malha urbana uma área em grau de equivalência superior à da quadra típica urbana, em geral apresentando componentes da paisagem natural”, sendo um conceito semelhante ao que é descrito pela Ministério do Meio Ambiente para o Programa Cidades+Verdes (Brasil, 2021).

Assim, os parques devem apresentar em sua composição elementos como vegetação, topografia, e elementos aquáticos, e devem ser espaços destinados a integração da sociedade, proporcionando atividades recreativas e culturais, que refletem na qualidade de vida da população e amenizam os impactos ambientais existentes no conjunto urbano, trazendo para a sociedade um novo olhar da sociedade quando se fala de natureza ou meio ambiente (Sá Carneiro; Mesquita, 2000; Raimundo; Sarti, 2019).

2.3.2 Áreas Protegidas

Na Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998), as áreas protegidas são conceituadas como áreas definidas geograficamente e possuem por destinação, regulamentação e administração para alcançar objetivos específicos de conservação. Segundo Dudley (2008), a União Mundial para a Conservação da Natureza (UICN) conceitua as áreas protegidas como espaços geográficos definidos de forma clara que são reconhecidos, dedicados e possuem sua gestão a partir de medidas legais ou outras maneiras eficientes que tenham por objetivo alcançar a conservação da natureza, não imediatamente e sim a longo prazo, a partir de serviços ecossistêmicos associados e valores culturais. Os autores enfatizam que essas áreas protegidas são importantes e essenciais para a conservação da biodiversidade.

No Brasil, as áreas protegidas são características por desempenharem papel importante na conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais e uso sustentável dos recursos naturais existentes no País (Brasil, 2006b). São áreas estabelecidas e criadas como estratégia de controle do território, pois estabelece limites e dinâmicas de uso e ocupação específicos para cada região, sendo reconhecido desde o período colonial registro de instrumentos voltados à proteção dessas áreas (Medeiros, 2006).

Dentre as diferentes tipologias de áreas protegidas regulamentadas por instrumentos de criação dessas áreas no Brasil, estão: Floresta (Protetora, remanescente, rendimento, e modelo); Parque Nacional, Floresta Nacional; Área de Preservação Permanente; Reserva Legal; Reserva Biológica; Terras Indígenas; Estação Ecológica; Área de Proteção Ambiental; Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável (Medeiros, 2006).

Os primeiros registros de criação de áreas protegidas no país ocorrem em 1937, quando o Brasil aderiu à política para criação de áreas naturais protegidas, criando o Parque Nacional de Itatiaia, localizado nos limites de Minas Gerais e Rio de Janeiro, com áreas do parque que antes pertenciam ao patrimônio do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Drummond; Dias; Brito, 2008; Ramos, 2012). Posteriormente, o marco legal brasileiro que surgiu para garantir a proteção e preservação de ambientes naturais relevantes veio com a criação do Código Florestal. Dentre todos os instrumentos legais de regulação das áreas protegidas, para Medeiros (2006) o Código Florestal foi “o instrumento mais importante, pois definiu objetivamente as bases para a proteção territorial dos principais ecossistemas florestais e demais formas de vegetação naturais do país”.

Em 1934, o Código Florestal (Decreto n.º 23.793) foi criado inicialmente para proteção de recursos naturais estratégicos como água e madeira, e possibilitou a criação das florestas

protetoras, um importante espaço ambiental que ficou definido em diferentes categorias de florestas, possibilitando a criação no país dos primeiros Parques Nacionais, Florestas Protetoras, Reservas Florestais e Florestas Nacionais (Drummond; Dias; Brito, 2008; Sirvinskas, 2018).

Assim como o Código Florestal, outro importante instrumento de regulação das áreas protegidas é o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei 9985/2000), que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), sendo regulamentada pelo Decreto n.º 4.340/2002. No Brasil, conceitualmente, as áreas protegidas por vezes são categorizadas como unidades de conservação, porém, nem toda área protegida é uma unidade de conservação, mas toda área de unidade de conservação é uma área protegida. Na legislação brasileira, as Unidades de Conservação (UC) são conceituadas como

espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (Brasil, 2000, p. 1).

Para Leite, Geiseler e Pinto (2011), as UC são espaços que servem para proteger os ambientes naturais da destruição, poupando essas áreas do desenvolvimento urbano, um dos maiores causadores de destruição do ambiente natural. É o espaço do território nacional em que estão inseridos seus recursos naturais e ambientais de maior relevância, como nossas águas, sendo importantes para proteção de microrganismos, flora, fauna, mananciais, solo, clima, paisagens e processos ecológicos. A lei do SNUC estabelece critérios e regras para a criação e implantação dessas Unidades de Conservação pelos poderes públicos, bem como apresenta condições para gestão, objetivando proteger os recursos naturais em áreas públicas ou privadas, que precisam ser delimitadas para identificação, com uso de mapas, protegendo as áreas internas e seu entorno (Leite; Geiseler; Pinto, 2011; Sirvinskas, 2018).

A partir das características especificadas de cada unidade de conservação que integra o SNUC, dois grupos são criados na legislação, sendo eles: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

As Unidades de Proteção Integral têm por principal finalidade preservar a natureza, e a manutenção dos ecossistemas livres existentes que pode sofrer com o uso antrópico desordenado, permitindo assim o uso indireto dos recursos naturais daquela área. Estas são Unidades de Conservação mais restritivas, que proíbem a exploração dos recursos naturais, usos sem consumo, coleta ou danos (Brasil, 2000; Leite; Geiseler; Pinto, 2011; Sirvinskas, 2018). Possui as seguintes categorias: Estação Ecológica (ESEC), Reserva Biológica (REBIO),

Parque Nacional (PN), Monumento Natural (MONA) e Refúgio de Vida Silvestre (RVS).

Já as Unidades de Uso Sustentável têm por objetivo a compatibilização da conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos naturais da área, permitem consumo direto dos recursos naturais, estudos e visitação de sua área de forma sustentável (Brasil, 2000; Leite; Geiseler; Pinto., 2011; Sirvinskas, 2018). Apresenta as seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Floresta Nacional (FLONA), Reserva Extrativista (RESEX), Reserva de Fauna (REF), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Apenas o poder público pode criar as unidades de conservação que integram o SNUC, a partir da realização de estudos técnicos e consulta pública “que permitam identificar a localização, a dimensão e os limites mais adequados para a unidade, conforme se dispuser em regulamento” (Brasil, 2000, p. 8). No art. 27, o SNUC declara que as unidades de conservação devem dispor de um Plano de Manejo, documento que deve ser elaborado pelo órgão gestor ou pelo proprietário, e estar disponível para consulta pública.

No caso da presente pesquisa, foram estudadas especificamente, para o cálculo do IAV, as áreas de unidade de conservação no território de Recife.

2.3.3 Espaços Livres Públicos e Unidades de Conservação em Recife-PE

As praças e parques de Recife estão distribuídas nas seis Regiões Político-Administrativas (RPA) do município. Conforme apresentado na Tabela 1, a cidade totaliza 364 praças, 18 parques e 01 Jardim Botânico, este último localizado no bairro do Curado. A maior concentração de praças encontra-se na RPA-06, totalizando noventa e cinco praças, com o bairro da Cohab apresentando 49% das praças desta RPA. A RPA-02 é a que se caracteriza com menor quantitativo de praças, totalizando trinta e oito. Quanto aos parques, todas as RPAs possuem o espaço livre público em seu território, sendo a RPA-03 e RPA-04 com configuração de seis parques em sua área territorial (Tabela 1).

Tabela 1 - Total de praças, parques e jardim botânico no território de Recife.

RPA	PRAÇA(S)	PARQUE(S)	JARDIM BOTÂNICO
01	44	2	-
02	38	1	-
03	58	6	-
04	64	6	-
05	66	1	1
06	95	2	-
TOTAL	365	18	1

Fonte: Dados Abertos Recife, 2020.

No Recife, as Unidades de Conservação (UC) foram regulamentadas por meio da Lei Municipal nº 18014/2014, que institui o Sistema Municipal de Unidades Protegidas (SMUP), constituído pelas Unidades Protegidas (UP). De acordo com a legislação, o Jardim Botânico de Recife e as Unidades de Conservação da Natureza (UCN) são categorias das UP. São áreas criadas pelo poder público municipal, e integrantes dos Sistemas Estadual e Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SEUC e SNUC, respectivamente).

Sobre as Unidades de Conservação da Natureza (UCN), de acordo com Braga, Leite e Da Luz (2021) o território apresenta aproximadamente 30% de seu total, reconhecido como áreas de proteção da biodiversidade, totalizando 8.422 hectares, distribuídos em 39 bairros que contemplam porções ou totalidade das unidades de conservação. Recife apresenta 25 (vinte e cinco) Unidades de Conservação da Natureza, de Uso Sustentável, categorizadas em Área de Proteção Ambiental (APA), e Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE).

Apesar da maioria das UCNs estarem em território de domínio privado, observa-se a expressiva utilização desses espaços como área de lazer pela população em geral, sendo esse um dos resultados das oficinas descritas nos Planos de Manejo. Diante disso, o cálculo o IAV será realizado com as áreas livres públicas, e um segundo momento considerando as áreas das UCNs para cálculo, pela sua importância socioambiental para os municípios.

2.4 PLANEJAMENTO AMBIENTAL E URBANO

As questões referentes ao crescimento urbano e conseqüente aumento de demandas sobre a infraestrutura, moradias, transporte público e qualidade de vida da população, apresentam recorrência desde a Revolução Industrial e crescente expansão das cidades, o que vem ocasionando a modificação acelerada das paisagens e do meio natural dos centros urbanos (Silva, 2016). Para pensar a cidade e seu planejamento, não se pode deixar de apresentar questões referentes ao planejamento ambiental e ao planejamento urbano, um complementa o outro para que se alcance o desenvolvimento sustentável das cidades.

O planejamento e organização do espaço sempre foi uma premissa para grupos de pessoas que se propõem viver em coletividade, mas com objetivos e normas comuns, ou seja, já existiam formas de planejamento na sociedade. Para Santos (2004), o planejamento que visa apenas organizar e direcionar a economia e questões sociais de uma região são apenas planos desenvolvimentistas, relacionados diretamente com as ciências exatas, sendo claros, objetivos e quantitativos, porém, são segmentados e setorializados, sem levar em consideração outros fatores fora do plano traçado. A autora acredita que o planejamento ambiental com enfoque

essencialmente na conservação de elementos naturais e a qualidade de vida do homem é um planejamento determinista, quando não se leva em conta o ambiente quanto as questões humanas, físicas e bióticas.

Nos anos 80 uma nova forma de planejar voltada para a intervenção humana na capacidade de suporte dos ecossistemas, passou a ser chamado de Planejamento Ambiental. Um planejamento com características de interdisciplinaridade e integração, que envolve fatores complexos nos aspectos naturais e sociais, retratando as ações do homem e suas atividades impactam no meio natural (Santos, 2004; Santos; Piroli, 2020). Assim, o planejamento ambiental possui como estratégia garantir a conservação e preservação do meio natural e seus recursos, no qual espera-se que seja assegurada a sobrevivência da civilização (Franco, 2001).

Nas formas de pensar a cidade, alinhado ao planejamento ambiental, está o planejamento urbano, que vem auxiliar os gestores no processo de desenvolvimento sustentável que amenize os desequilíbrios existentes nas cidades, como os desequilíbrios ecológicos, políticos, sociais, econômicos e ambientais. A falta de um planejamento ambiental e urbano nas cidades acarreta a diminuição da qualidade de vida da sociedade, atrasa o desenvolvimento da cidade e traz degradação ao meio ambiente.

Planejar o espaço urbano e sua ocupação, é pensar nas pessoas, pois, as cidades são movidas de diferentes dinâmicas (política, econômica, social, religiosa) relacionadas aos seus moradores, que devem ser inseridos no planejamento como sujeitos e não objetos (Maia; Santos; Souza Santos, 2021). São previstos e garantidos no planejamento das cidades e nas legislações brasileiras, ações que buscam a qualidade de vida da população, com preservação e criação de espaços livres públicos e áreas verdes, áreas que proporcionem uso para o lazer, contemplação e descanso entre os moradores e visitantes.

Um dos instrumentos que pode ser utilizado para o planejamento dos espaços livres públicos e áreas verdes urbanas das cidades são o IAV e PAV, que além de apresentar a qualidade ambiental da área de estudo, apresenta a distribuição desses territórios na malha urbana.

Planejamento Urbano e Ambiental e novos espaços livres públicos em Recife

Atualmente, o planejamento urbano da cidade do Recife é estabelecido pelo do Plano Diretor (PD), Lei Complementar Municipal nº 02/2021, que revogou a Lei Municipal nº 17.511/2008. A garantia da sustentabilidade, qualidade de vida, e espaços livres públicos estão descritas ao longo do PD e devem ser observados no planejamento e em qualquer intervenção ou obras urbanas do território municipal. Dentre os princípios que regem a política de

desenvolvimento urbano no PD de Recife, está o princípio da função socioambiental da cidade, que corresponde ao direito de todos os moradores à vida urbana digna, com segurança e igualdade socio-territorial. Nesta função está descrita a garantia de espaços públicos de qualidade para a sociedade.

Quanto aos objetivos da política de desenvolvimento urbano, dentre os relativos ao cumprimento do princípio da função social da cidade, destaca-se o objetivo IV que traz a importância de “equalizar e universalizar a dotação de infraestrutura, a prestação de serviços públicos de boa qualidade e a qualificação dos espaços públicos em toda a cidade” (Recife, 2021, p. 5), trazendo mais uma vez a importância dos espaços públicos no território do município.

O Artigo 20 do PD descreve sobre os objetivos da estruturação espacial do Recife e apresenta como um dos objetivos a ampliação de espaços verdes públicos visando atender à crescente demanda da população sobre espaços de lazer, esporte, saúde, relaxamento e bem-estar, além de promover a resiliência aos impactos climáticos. Para o ordenamento do território, a legislação divide a cidade em duas macrozonas: Macrozona do Ambiente Natural e Cultural (MANC) e Macrozona do Ambiente Construído (MAC).

A MANC descreve sobre praças e parques, trazendo por diretriz “integrar os parques, praças, áreas verdes e rede hídrica por meio de conectores ambientais que promovam a integração e fortaleçam a infraestrutura ambiental da cidade” (RECIFE, 2021, p. 6), além de estabelecer nas demais diretrizes ações que buscam o desenvolvimento sustentável do território.

O Plano Diretor apresenta dezesseis áreas potenciais para receber projetos especiais, dentre elas, cinco correspondem a parques existentes ou planejados para a cidade, como: Parque do Caiara e Parque de Exposição dos Animais; Parque Beberibe; Parque Capibaribe; Parque Tejipló; e, Parque dos Manguezais.

Além do planejamento da cidade a partir das ações e diretrizes do PD, a Agência Recife de Inovação e Estratégia - ARIES (2022) apresenta em seus estudos estratégicos para o Recife 500 anos, alguns projetos futuros que foram elaborados e/ou aprovados e são considerados de importância para o futuro e planejamento da cidade. A diretriz descrita na Zona de Desenvolvimento Sustentável do PD, de qualificar Recife como uma Cidade Parque, faz parte do projeto Parque Capibaribe, pois, o parque tem por objetivo transformar o Recife em uma cidade parque, sendo este uma das visões de futuro da cidade do Recife e diretriz para o Plano Recife 500 anos, com meta para ser estabelecida até 2037.

Conforme dados do Plano Recife 500 anos realizado pela ARIES (2022), o Parque Capibaribe é de responsabilidade da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio

Ambiente, com convênio firmado com a Universidade Federal de Pernambuco. Abrange as margens do rio Capibaribe, além de um raio de 500km a partir de sua margem, considerando assim uma área de 30 km de extensão e 7.250 hectares de área de influência que beneficiará uma população estimada de quatrocentos e cinquenta mil pessoas no entorno do parque, além de toda a população de Recife a partir da implantação definitiva do parque.

O projeto visa aumentar a taxa de área verde pública até o ano de 2037, estabelecendo como uma das metas e ações do projeto: “construir um grande parque ao longo das bordas do rio, com passeio e ciclovia capazes de conectar o rio à cidade por meio de diferentes modais, que priorizam o pedestre e a bicicleta” (ARIES, 2022, p. 139), e assim ser considerada uma cidade parque.

O parque das Graças é parte do projeto Parque Capibaribe, por estar localizado nas margens do rio Capibaribe, com sua primeira etapa inaugurada em 29/12/2021, localizado no bairro da Graças. É um trecho de parque linear que conta com passeios públicos, playgrounds, tirolesa, área para piquenique, paisagismo, área de contemplação, e abriga o primeiro parque infantil da cidade voltado para a primeira infância (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Parque para primeira infância no Parque das Graças



Fonte: Souza, 2021

Figura 4 – Área de Contemplação do Parque das Graças nas margens do rio Capibaribe



Fonte: Recife, 2022

A segunda etapa do parque das Graças foi inaugurada em 22/12/2022, com novo trecho entre a rua Manoel de Almeida e rua Dom Sebastião Leme, compreendendo 150m de extensão, conectando-se com a primeira etapa da obra concluída em 2021. A nova etapa divide-se entre uma plataforma sobre o rio, suspensa por estacas de concreto e aço, e outra parte corresponde aos passeios realizados em terra, compreendendo local para mirante, bancos, bicicletário, área para piquenique e novo projeto de iluminação.

Outro parque entregue para a população recifense está localizado no bairro da Iputinga. O Parque do Caiara, também elencado no PD de 2021 como área potencial para receber projetos

especiais, teve a inauguração no dia 31/03/2023, foi entregue com novas áreas de contemplação da natureza, espaços de convivência e lazer para crianças e adolescentes, nova pista de atletismo, e projeto paisagístico (Figura 5).

No parque foi realizada obra do primeiro Jardim Filtrante do Estado (Figura 6), que é uma solução baseada na natureza, executada no local para filtrar as águas poluídas do riacho do Cavouco e devolver para o rio Capiberibe em melhores condições, sendo considerada uma tecnologia sustentável e de fácil manutenção, semelhante tecnologia utilizada no rio Sena, em Paris (ARIES, 2023; Recife, 2023).

Figura 5 - Área infantil requalificada no Parque do Caiara



Fonte: Diário de Pernambuco, 2023

Figura 6 - Jardins Filtrantes localizados no Parque do Caiara



Fonte: Scheppa, 2023

O Plano Recife 500 anos tem como meta apresentar a cidade com qualidade urbana, a partir de um “espaço urbano organizado e ambiente urbano conservado; cidade compacta e confortável, com parques e praças em articulação com os espaços públicos e semipúblicos, integração das áreas informais e reduzida desigualdade” (ARIES, 2022, p. 175). Quando completar 500 anos, o plano estratégico pretende apresentar uma capital segura para circulação da população local e visitantes, em que será permitida a convivência social nos espaços públicos.

Um dos eixos de caminho estratégico da ARIES (2022) para o Plano Recife 500 anos é o caminho para a Recuperação do Verde e das Águas do Recife, apresentando como desafio o fato da cidade ter uma estimativa de 1,2 m²/hab de área verde, que atualmente está distribuída de forma desigual no território municipal.

Além das intervenções relacionadas com o Projeto Capibaribe, de Maio/2023 a Maio/2024, outras obras de construção e requalificação de espaços livres públicos foram anunciadas pela Prefeitura da Cidade do Recife, sendo 12 praças, 03 parques e 01 jardim, distribuídos em 15 bairros, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Anúncio de requalificação ou construção de novos espaços livres na cidade

BAIRRO	NOME DO EQUIPAMENTO	INTERVENÇÃO
ALTO JOSÉ DO PINHO	PRAÇA DO AMARO LOPES	REQUALIFICAÇÃO
ARRUDA	PRAÇA ANTÔNIO LUIZ	REQUALIFICAÇÃO
	PRAÇA DESENHISTA EULINO SANTOS	CONSTRUÇÃO
BEBERIBE	PRAÇA CHAYANNE	REQUALIFICAÇÃO
BOA VISTA	PRAÇA MACIEL PINHEIRO	REQUALIFICAÇÃO
COELHOS	PARQUE LINEAR	CONSTRUÇÃO
DOIS UNIDOS	PRAÇA DA INFÂNCIA DO CÓRREGO DO MORCEGO	CONSTRUÇÃO (PRAÇA DA INFÂNCIA)
IBURA	PRAÇA DA PRIMEIRA INFÂNCIA MARIA SAMPAIO	CONSTRUÇÃO (PRAÇA DA INFÂNCIA)
	PRAÇA DA TRUACA	REQUALIFICAÇÃO
JOANA BEZERRA	PRAÇA HORTA JOANA BEZERRA	REQUALIFICAÇÃO
	PRAÇA DO COQUE	CONSTRUÇÃO
	PRAÇA MARAVILHOSA	REQUALIFICAÇÃO
MADALENA	PRAÇA DA INFÂNCIA DA MADALENA	CONSTRUÇÃO (PRAÇA DA INFÂNCIA - intervenção paisagística na antiga praça Eça de Queiroz)
PINA	PARQUE GOVERNADOR EDUARDO CAMPOS	CONSTRUÇÃO (MAIOR PARQUE DA CIDADE)
POÇO DA PANELA	JARDIM DO POÇO	CONSTRUÇÃO
	PRAÇA PROFESSOR RUI ANTUNES	REQUALIFICAÇÃO
SAN MARTIN	PRAÇA DA INFÂNCIA	CONSTRUÇÃO (PRAÇA DA INFÂNCIA)
SANTO AMARO	PARQUE TREZE DE MAIO	CONSTRUÇÃO (PRAÇA DA INFÂNCIA)
TEJIPIÓ	PRAÇA DA INFÂNCIA	CONSTRUÇÃO (PRAÇA DA INFÂNCIA - intervenção paisagística na Praça de Tejipió)
VASCO DA GAMA	PRAÇA LARGO DONA REGINA	REQUALIFICAÇÃO

Fonte: Autora (2023), com dados de Recife (2024a)

Com as intervenções de praças e parques planejadas, executadas ou em execução na cidade, no mês de Janeiro/2024 a Prefeitura do Recife anunciou proporcionar 60,11m²/hab de área verde, considerando como 12m²/hab o ideal mínimo recomendado pela OMS, sendo representado no território mais de 660 áreas verdes, como praças, parques e refúgios.

2.5 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um índice padronizado e difundido em que é possível gerar imagens com estimativas da vegetação da área de estudo, como a cobertura vegetal, biomassa, área produtividade vegetal, entre outras, sendo o índice mais escolhido em pesquisas que envolvem vegetação (Rêgo *et al.*, 2012; ESRI, 2022; Almeida, 2024).

É um índice amplamente utilizado em estudos que envolvem o sensoriamento remoto,

sendo inicialmente proposto em publicação pela Nasa em 1974 por Rouse *et al.* (1974), em que os pesquisadores já descreviam as características de duas bandas de um conjunto de dados raster multiespectral (banda vermelha e banda de infravermelho próximo - NIR) (Almeida, 2024; Pinheiro Neto *et al.*, 2024).

A partir da análise dessas duas bandas obtidas pela captura de satélites, o NDVI produz um índice de vegetação espectral fazendo a separação da vegetação verde do brilho do solo, permitindo analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal da área de estudo. A obtenção do índice é resultado da fórmula calculada pela subtração da banda infravermelho (NIR) pela banda vermelha dividido pela soma destas mesmas bandas, produzindo uma escala que pode variar entre -1 a $+1$, sendo a densidade de cobertura vegetal maior ao se aproximar de 1 , e resultados abaixo de 0 indicam ausência de vegetação (solo exposto, água, áreas urbanizadas) (Boratto; Gomide, 2013; Olivera; Silva; Santos, 2024; Pinheiro Neto *et al.*, 2024).

Em análises temporais, utilizar o NDVI como uma das ferramentas do sensoriamento remoto permite que se faça análises para compreensão das mudanças de vegetação ou da paisagem urbana ao longo do tempo (Almeida, 2024; Ribeiro; Vidal, 2024). Os resultados do índice podem ser impactados de acordo com a resolução da imagem obtida para processamento, as condições climáticas no momento de captura da imagem e qualidade do modelo de treinamento do algoritmo (Almeida, 2024).

2.5.1 Geoprocessamento como ferramenta de análise do território

O geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de aquisição, tratamento, espacialização e análise de dados sobre o território, se constituindo numa ferramenta primordial na gestão da complexidade do ambiente urbano, incluindo análises de suas demandas sociais, ambientais e econômicas, e seus inter-relacionamentos.

O sensoriamento remoto (SR) e os sistemas de informações geográficas (SIG) fazem parte dessas tecnologias e permitem realizar o diagnóstico e análise da morfologia da superfície terrestre por meio da integração de vários dados procedentes de diversas fontes, dentro de uma base única (Coutinho Filho, 2015). Nessa base são armazenados dados de censo, imagens de satélite, fotografias aéreas e dados vetoriais que a partir do seu cruzamento, permitirá a realização de consultas e geração de informações sobre o espaço geográfico.

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, conforme apresentado na Figura 7 (Melo *et al.*, 2015).

Figura 7 - Uso múltiplo do SIG nas mais diversas áreas



Fonte: Melo *et al.*, 2015.

O SR e SIG são utilizados em diferentes regiões e estudos, e o uso dessas geotecnologias nas gestões públicas auxilia os gestores na tomada de decisões de acordo com as necessidades da comunidade. 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).

Assim, 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).

2.5.2 Utilização de aplicativos e painéis de controle como apoio para gestão ambiental

A internet permite que usuários utilizem sites remotos para acessar funções específicas elaboradas a partir do SIG, com vantagens para realização de análise por meio do próprio computador ou celular, sem a necessidade de adquirir um software para a análise ou comprar dados que já estão disponibilizados a partir de serviços do SIG, proporcionando dinamismo e interatividade que a aplicação exige (Longley, 2013).

Conforme afirma Rocha *et al.* (2015), o uso de aplicações de *WebGis* ou aplicações para Web vem sendo 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).

A partir da elaboração de mapas temáticos, compreende-se que

O uso de uma ou de outra ferramenta dependerá das necessidades de navegação, visualização e pós-processamento requeridas pelo usuário final. Para atendimento a um usuário com perfil de gestor, a visualização e navegação nos dados devem fornecer acesso imediato às informações para suporte a tomada de decisão, reduzindo ao máximo recursos que impliquem na realização de pós-processamento. Para um perfil de analista ou técnico, os recursos de visualização e navegação devem possibilitar a exploração dos dados através de acesso a operações geoespaciais sobre dados selecionados. Desta forma, as soluções adotadas na apresentação destes mapas devem apresentar um equilíbrio entre facilidade de uso, riqueza de recursos para visualização e navegação entre os dados, e funcionalidades geoespaciais para pós-processamento, características que devem ser adequadas para cada perfil de usuário (Cruz; Silva; Macário, 2014, p. 991).

Existem várias plataformas de sistemas de informações geográficas, umas *open source* e outras de propriedade de empresas de geoinformação. A utilização dessas ferramentas de SIG possibilita a criação de mecanismo que auxiliem da gestão ambiental nas empresas privadas e organizações públicas, seja na elaboração de sites, aplicações *web* ou painéis de controle dinâmicos (*dashboard*), que auxiliam a gestão para tomada de decisões e acompanhamento das atividades.

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* e o *Dashboard*.

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 (ESRI, 2023).

O *Dashboard* também apresenta interface simples e de fácil manuseio na construção de um painel dinâmico que apresenta as informações importantes de uma organização empreendimento ou linha de produção, de forma que possa ser compreendida rapidamente, podendo ser personalizados para diferentes finalidades e setores (Jwo; Lin; Lee, 2021). Os painéis também possibilitam que o usuário faça a manipulação dos dados existentes através de classificações disponíveis, para que auxilie na análise dos dados (Santos; Costa, 2022).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa se caracterizou por abordagem quali-quantitativa. Uma pesquisa com abordagem qualitativa trabalha com a visão sistêmica do objeto de estudo ou problema, buscando explicar a totalidade da realidade a partir da peculiaridade de cada objeto de estudo, sendo algo mais subjetivo. A abordagem quantitativa está voltada para pesquisa com dados mensuráveis, podendo trabalhar com recursos e técnicas estatísticas. São abordagens não excludentes, mas complementares (Oliveira, 2007). Para elaboração dos mapas temáticos foram utilizados dados dos espaços livres públicos urbanos (praças, parques, jardim botânico e unidade de conservação) para suporte do cálculo do índice de área verde e percentual de área verde, bem como a realização das análises dos resultados e espacialização do IAV e PAV na área de estudo.

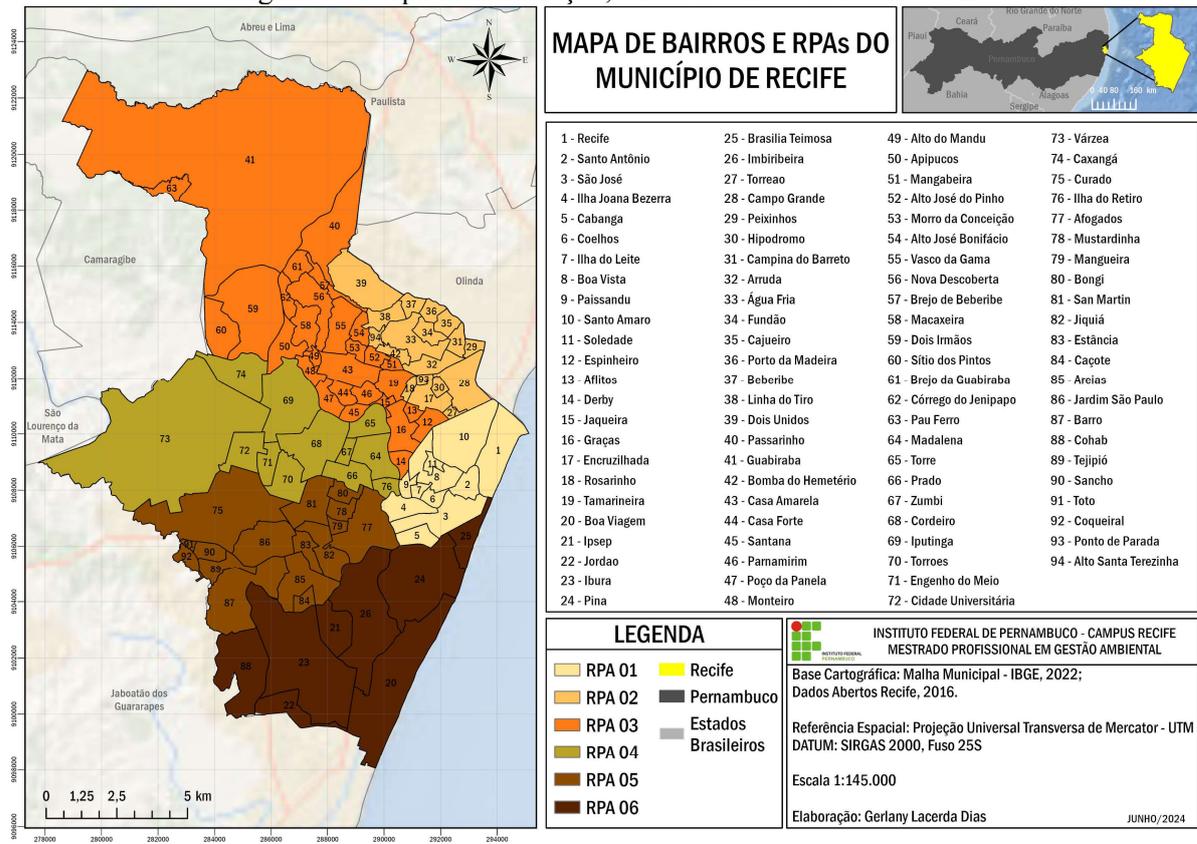
A pesquisa é também de natureza descritiva, pois se caracteriza por apresentar a descrição do indicador de qualidade ambiental urbana dos bairros da cidade do Recife, sendo este tipo de pesquisa também caracterizada por ter o objetivo de estudar características de um grupo (Gil, 2022).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida no município de Recife, capital do Estado de Pernambuco, localizada na região Nordeste do Brasil, geograficamente situada a 8° 04' 03" de latitude sul e 34° 55' 00" de longitude oeste. A capital limita-se ao norte com os municípios de Olinda e Paulista; ao Sul, Jaboatão dos Guararapes; a Leste com o oceano Atlântico e a Oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe. A cidade apresenta 1.488.920 habitantes em uma área territorial de 218,84 km² (218.840.000 m²), o que corresponde a uma densidade demográfica de 6.803,60 hab/km² (IBGE, 2022b).

A capital pernambucana é dividida em 6 (seis) Regiões Político-Administrativas – RPAs, subdivididas em microrregiões, composta por 94 bairros (Figura 8), conforme Lei Municipal nº 16.293/1997. Toda extensão territorial da cidade está inserida em área urbana, no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2022b).

Figura 8 – Mapa de localização, RPAs e bairros de Recife - PE

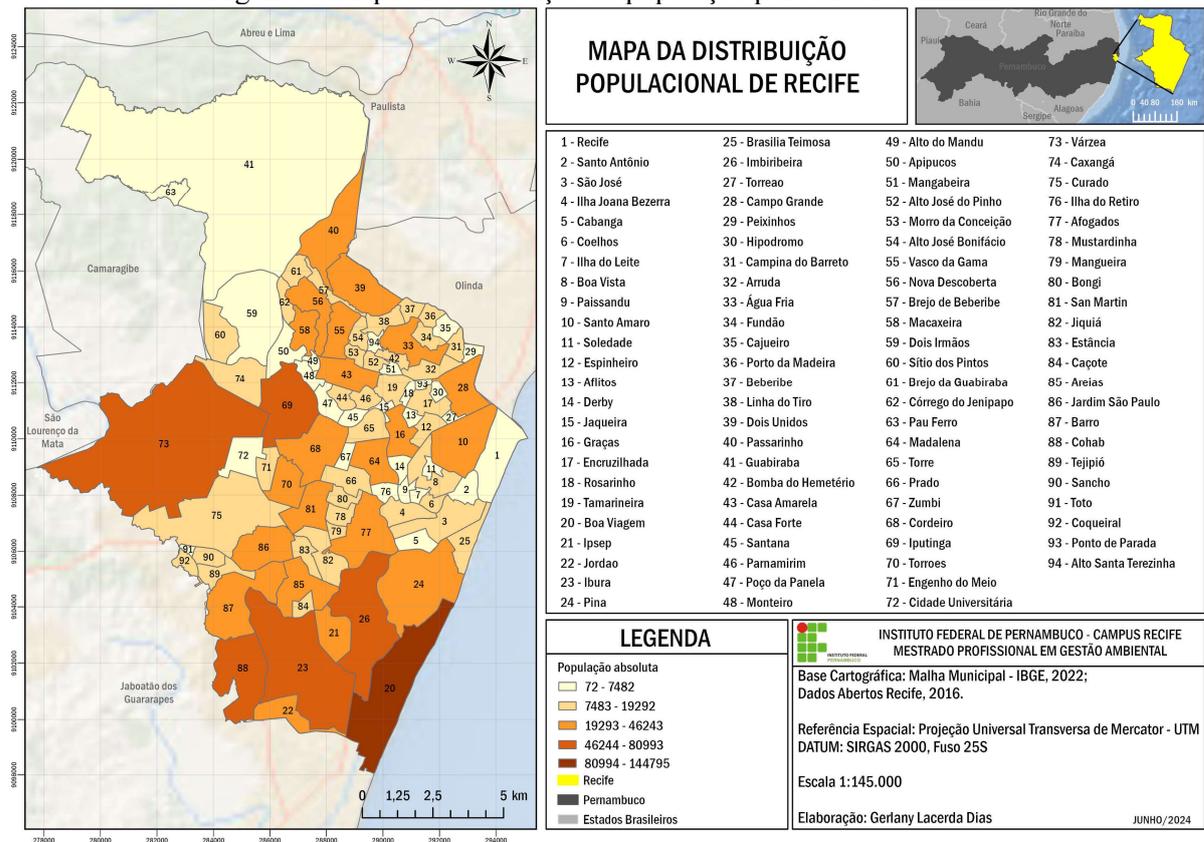


Fonte: Autora, 2024

O maior quantitativo de bairros considerados mais populosos se concentra nas Zonas Sul e Sudoeste da capital Pernambucana, reflexo da história referente expansão urbana da capital (Figura 9), sendo o bairro de Boa Viagem o de maior concentração de habitantes, e o bairro de Pau-Ferro o menos populoso.

A RPA-6 está caracterizada com o maior número de habitantes em sua região, sendo a RPA-1 a menos populosa na configuração da população municipal.

Figura 9 - Mapa de distribuição da população por bairros do Recife



Fonte: Autora, 2024

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.2.1 Levantamento bibliográfico

Como primeira etapa da pesquisa, foi realizada pesquisa bibliográfica para compor o desenvolvimento da temática apresentado no referencial teórico. A pesquisa foi realizada através de consultas a artigos, livros, dissertações, e teses disponíveis em sites oficiais de órgãos governamentais e instituições particulares, além do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), bases de informação científica e técnica como Scopus e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

Para a pesquisa nas bases científicas, foram utilizadas as palavras-chaves: área verde; índice de área verde, IAV, percentual de área verde, PAV, ODS-11, indicador ambiental desenvolvimento sustentável, qualidade ambiental urbana, NDVI, e geotecnologia, nos idiomas português e inglês.

3.2.2 Projeção de dados populacionais

Até a finalização da pesquisa, o Censo 2022 do IBGE não disponibilizou os dados populacionais dos setores censitários da cidade, assim, para obtenção de dados atualizados, dentre os métodos existentes, foi realizada evolução populacional através do processo do método estatístico aritmético (projeção populacional aritmética). É um método que “apresenta crescimento linear ao decorrer do tempo. Na prática, seus resultados são satisfatórios e apresenta ainda a vantagem de ser um método simples, fácil e de compreensão rápida” (Costa *et al.*, 2022, p. 135). A hipótese do método aritmético é que a população apresenta uma evolução linear, que se assemelha a uma reta, entendendo-se assim que há um crescimento de forma constante com estimativas de menor prazo (Von Sperling, 1996; Tavares; Neto, 2020; Marra, 2023). A fórmula do método é dada por:

$$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$$

Equação (1)

Onde:

P_t : população estimada para o ano estimado, no caso ano de 2022;

P_0 : população de referência inicial, no caso correspondente ao ano de 1991;

K_a : coeficiente linear;

t : ano de projeção, no caso 2022;

t_0 : ano de referência correspondente a P_0 , no caso ano 1991.

O coeficiente linear da projeção aritmética é dado através da Equação 2:

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$$

Equação (2)

Onde:

K_a : coeficiente linear;

P_0 : população de referência inicial, no caso correspondente ao ano de 1991;

P_2 : população de referência final, no caso correspondente ao ano de 2010;

t_0 : ano de referência correspondente a P_0 , no caso ano 1991;

t_2 : ano de referência correspondente a P_2 , no caso ano 2010.

Os dados dos Censos de 1991 e 2010 foram coletados no site do IBGE e inseridos em tabela do *software* Excel versão 2405 Microsoft 365, separando os dados de acordo com os bairros da cidade do Recife. Posteriormente, foram realizados os cálculos aritméticos para projeção população do ano de 2022. O ano de 2022 foi escolhido devido ser esse o ano do último censo realizado no país e que apresenta a população total do município, podendo fazer comparações com a projeção realizada.

3.2.3 Coleta de base de dados das áreas verdes do Recife

Para coleta de dados das áreas verdes do município de Recife, foi realizada pesquisa documental disponível em diferentes bancos de dados (Quadro 4). Foram utilizadas técnicas do geoprocessamento por geoserviços para dados da Prefeitura da Cidade do Recife (PCR), e coleta de *shapefiles*¹ do programa Cidades + Verdes do Governo Federal (Brasil, 2021) com informações das áreas verdes da cidade cadastradas pelo município, e *shapefiles* de praças e parques do site Dados Abertos da Prefeitura da Cidade do Recife (RECIFE, 2020), em escala 1:1000.

A otimização dos dados interpretativos foi realizada por meio dos Sistemas de Informações Geográficas a partir do cruzamento das informações desses bancos de dados de áreas verdes que dizem respeito as praças, parques, jardim botânico, e unidade de conservação.

Quadro 4 - Fontes de aquisição dos dados utilizados para mapeamento e análises

DADOS	FONTES	TIPO DE DADO
Dados de praças e parques	Dados abertos Prefeitura do Recife	Vetorial (<i>Shapefile</i>); Tabela de Excel
Áreas Verdes do Recife	Programa Cidades+Verdes e Dados abertos da Prefeitura da Cidade do Recife	Vetorial (<i>Shapefile</i>)
Unidades de Conservação e Jardim Botânico	Prefeitura do Recife (ESIG)	Geoserviço (WMS); Vetorial (<i>Shapefile</i>)
Base do Estado, Recife e seus bairros	IBGE; Dados abertos Prefeitura do Recife	Vetorial (<i>Shapefile</i>)
Cobertura da Terra	Prefeitura do Recife (ESIG); Plano de Manejo das UCN	Geoserviço (WMS); Texto

Fonte: Autora, 2023.

O geoserviço foi obtido por Web Map Service (WMS), que permite consultar e visualizar mapas e dados georreferenciados e arquivos *shapefile*. Além das informações de área verde, os WMS que contribuíram no cálculo dos indicadores são: informações sobre cobertura

¹“Um *shapefile* é um formato de armazenamento de dados de vetor da Esri para armazenar a posição, a forma e os atributos de feições geográficas. É armazenado como um conjunto de arquivos relacionados e contém uma classe de feição”. (PORTAL FOR ArcGIS, Disponível em: <https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/shapefiles.htm>. Acesso em 18 dez 2022)

da terra das unidades de conservação, e levantamento de praças e parques, sendo todos os dados disponíveis no servidor <https://esigportal2.recife.pe.gov.br/arcgis/rest/services> do sistema ESIG LAMA (Licenciamento Ambiental Municipal Agilizado) da Prefeitura do Recife. Os dados de limites municipais e estaduais foram coletados do IBGE, com atualização no ano 2022.

3.2.4 Produção de mapas temáticos

Após coleta dos dados espaciais de espaços livres públicos e áreas verdes, foram realizadas a elaboração de mapas temáticos com o *software* ArcGIS Pro versão 3.3.0, licenciado para o Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente (Labgeo) do IFPE *campus* Recife e disponível no GRENDES&Labgeo, localizado no Centro de Pesquisa deste *campus*.

Inicialmente, foram conferidas as coordenadas geográficas de todos os *shapefiles* coletados. Caso não estivessem com a referência espacial igual a Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, DATUM SIRGAS 2000, Fuso 25S, foi realizada no ArcGIS Pro a operação *Project* (Projetar), e os arquivos projetados para a referida referência espacial.

Os mapas elaborados apresentam a distribuição espacial dos indicadores e a qualidade ambiental urbana da cidade em relação ao resultado de cada índice ambiental, considerando assim as áreas que possuem melhores condições de área verde por habitantes e melhor percentual de área verde da região. Todos os mapas foram elaborados com dados em relação aos bairros da cidade, para que sejam analisados por bairros e RPA. Os mapas elaborados são:

- Distribuição das RPAs e bairros do município;
- Distribuição da população absoluta por bairros;
- Distribuição das áreas verdes;
- Mapa de vegetação / cobertura vegetal, a partir de NDVI e classificação de imagem;
- Resultados do IAV considerando soma das áreas de espaços livres públicos e UCN em cada bairro;
- Resultados do IAV considerando soma das áreas de espaços livres públicos e UCN para cada RPA;
- Resultados do IAV considerando soma dos espaços livres públicos em cada bairro;
- Resultados do IAV considerando soma dos espaços livres públicos para cada RPA;
- Resultados do PAV em cada bairro;
- Resultados do PAV por RPA;
- Desempenho do indicador ambiental para resultados do IAV considerando a soma das áreas de espaços livres públicos e UCN;

- Desempenho do indicador ambiental para resultados do IAV considerando soma das áreas de espaços livres públicos;
- Desempenho do indicador ambiental para resultados do PAV;

3.2.5 Elaboração de mosaico do município a partir de imagens de satélite

Para elaboração do mosaico do município, foram utilizadas imagens de satélite, pois, facilitam o mapeamento, a compactação dos dados, o cálculo do PAV a partir do NDVI e permitem que sejam realizadas análises em diferentes tempos. Foram elaborados dois mosaicos, um com imagens da empresa Planet em escala 1:5000, e o segundo com imagens do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) do Governo do Estado de Pernambuco, utilizando tecnologia LiDAR em escala 1:1000.

As imagens da empresa Planet são obtidas a partir de mais de 180 satélites Dove em órbita, que podem oferecer resolução espacial de até 3,7 metros, com imagens da superfície terrestre ortorretificadas e 04 bandas espectrais (azul, verde, vermelha, e infravermelho – NIR), com resolução radiométrica de 16 bits (Saraiva *et al.*, 2019; Ferraz *et al.*, 2023).

Para realização do NDVI na pesquisa, optou-se pela imagem Planet devido vasta possibilidade da escolha temporal da imagem, disponibilidade das bandas espectrais e pelo padrão de qualidade. Foram adquiridas 04 conjuntos de imagens totalizando 151 cenas, inicialmente de setembro/2023 e posteriormente atualizando o mosaico com imagens de março/2024, com resolução espacial de 5 metros e referência espacial *World Geodetic System* 1984 (WGS 84) *Web Mercator*.

Após aquisição das imagens, no ArcGIS Pro foi realizada a operação *Mosaic Raster*, para ser elaborado o mosaico de imagem satélite de Recife, posteriormente o produto teve a referência espacial WGS 84 *Web Mercator* projetada para Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, DATUM SIRGAS 2000, Fuso 25S.

O segundo mosaico foi elaborado a partir de ortomosaicos do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D). Estas imagens foram selecionadas devido alta resolução em relação aos produtos da Planet, possibilitando mais detalhes para visualização, elaborando assim os mosaicos a partir da coleta de ortoimagem dos municípios de Recife, Abreu e Lima, Araçoiaba, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, e São Lourenço da Mata, para ser utilizado como mapa base nos produtos desta pesquisa (*Dashboard* e aplicação *web*). Este programa foi iniciado em 2014 pelo Governo do Estado de Pernambuco, realizando levantamento fotográfico e perfilamento a laser de todo o

território do Estado, em alta resolução, utilizando tecnologia LiDAR (*Light Detection And Ranging*) 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). O mapeamento das áreas urbanas nas cidades foi realizado na escala 1:1.000.

3.2.6 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

Após elaboração do mosaico através de imagens do satélite Dove da empresa Planet, utilizando *software* ArcGIS Pro versão 3.3.0, onde toda imagem Raster foi subdividida em camadas a partir da poligonal dos 94 bairros de Recife, para que o cálculo do NDVI fosse realizado de bairro a bairro, em maior escala, do que ser realizado com a imagem geral de todo município, possibilitando melhores resultados para o levantamento da área verde urbana, considerando toda cobertura vegetal, seja vegetação arbórea, arbustiva ou rasteira.

Proposto inicialmente por Rouse *et al.* (1973), o NDVI é um dos índices mais utilizados no sensoriamento remoto pois mede a distribuição espacial da vegetação e possibilita o acompanhamento da avaliação da qualidade ambiental em áreas urbanas, a partir da diminuição entre a banda infravermelho próximo (NIR) e banda vermelha, dividido pelo somatório dessas mesmas bandas (Bargos, 2010; Pinheiro Neto *et al.*, 2024), como demonstra a Equação 3.

$$NDVI = \frac{NIR - \text{Banda vermelha}}{NIR + \text{Banda vermelha}} \quad (\text{Equação 3})$$

O índice foi calculado para cada bairro, separadamente, através da ferramenta ÍNDICES - NDVI constante no ArcGIS Pro que executa a Equação 3 automaticamente, desde que sejam informadas as bandas NIR e vermelha da camada raster trabalhada.

Com a obtenção do NDVI, a simbologia inicial resultou em cores preto e branco, sendo alterada para escala de cor verde-amarelo-vermelho, pois apresenta melhor visualização e interpretação dos dados. Para obtenção do resultado da cobertura vegetal em m², fez-se necessário realizar a operação de classificação supervisionada das imagens por *pixel*, pois, já se sabe quais são as amostras e onde serão coletadas, devido resultados do NDVI. Foi utilizado o esquema de classificação padrão adotado pelo software. As classes trabalhadas em cada bairro foram vegetação e água/área urbanizada/solo exposto, e os *pixels* referentes a essas classes

foram coletados em lugares aleatórios de toda extensão da área de análise, unindo as amostras nas classes correspondentes. A todo momento, foi realizada comparação da classificação NDVI com as imagens satélite da Planet e PE3D.

Após atribuição de pixel para classificação da imagem, distinguindo o que seria vegetação e água/área urbanizada/solo exposto, escolheu-se o algoritmo de máxima verossimilhança (*maximum likelihood*) como operação para o classificador, por realizar a classificação dos *pixels* resultando na verificação da probabilidade de pertencerem a mesma classe predefinida (Rios *et al.*, 2023).

Em seguida a amostra apresenta a classificação sugerida de acordo com as cores escolhidas. Para a identificação das áreas em m² fez-se necessário a conversão da imagem raster para vetor, no caso em polígonos, utilizando a operação *raster to polygon* no software, resultando em uma nova camada que converteu as classificações em polígonos, contabilizando o total das áreas de vegetação e água/área urbanizada/solo exposto em m², necessário para cálculo do PAV.

3.2.7 Cálculo do Índice de Área Verde (IAV)

Para o cálculo do IAV nos bairros da cidade do Recife, não foram considerados como áreas verdes públicas os espaços como canteiros, jardins ornamentais, vegetação de rotatórias, árvores isoladas, e arborização ou cobertura vegetal, por serem verdes de acompanhamento viário, e serem as árvores que pertencem a arborização urbana, consideradas cobertura vegetal, e não serem áreas voltadas para o uso livre da população em espaços livres públicos (Carvalho *et al.*, 1999; Nucci, 2008; Maróstica *et al.*, 2020).

A metodologia mais utilizada nos trabalhos de pesquisa para cálculo do IAV considera a soma das áreas verdes da área de estudo (em m²) dividida pela população daquela região (Lucon; Prado Filho; Sobreira, 2013; Ramos; Nunes; Dos Santos, 2020), sendo essa mesma metodologia empregada, descrita na Equação 4, e tendo em vista que na Agenda 2030 não está descrita a metodologia para o indicador 11.7.1 do ODS 11.

$$IAV = \frac{\sum \text{das áreas verdes públicas (m}^2\text{)}}{\text{número de habitantes da área}}$$

Equação (4)

O cálculo do IAV foi realizado em duas etapas: para as áreas verdes urbanas a primeira

etapa considerou a soma dos espaços livres públicas, áreas de livre acesso para população, que apresentam funções ecológicas, estéticas e de lazer, como parques, praças e jardim botânico, e as áreas protegidas categorizadas como unidades de conservação da natureza e estão inseridas no território da cidade. A segunda etapa considerou para soma das áreas verdes urbanas os espaços livres públicos categorizados como praças, parques e jardim botânico, com o intuito de apresentar o impacto que as áreas de UCN, por vezes de acesso restrito, podem ter no resultado do IAV.

Todas as áreas de praças, parque e jardim botânico foram inseridos no *software* Excel versão 2405 Microsoft 365, separados por bairro e sua população equivalente, para realização do cálculo do IAV para cada bairro. Posteriormente, essa mesma etapa foi realizada inserido as áreas de unidades de conservação.

Para este trabalho adotou-se um índice mínimo 15m²/hab, sendo esse o IAV considerado pela SBAU e utilizado por maioria dos pesquisadores nos trabalhos sobre o tema apresentados anteriormente no Quadro 1.

3.2.8 Cálculo do Percentual de Área Verde (PAV)

Para o cálculo do PAV foram consideradas todas as áreas verdes urbana de Recife, calculando as áreas dos espaços livres públicos, das unidades de conservação e toda cobertura vegetal existente. O cálculo do PAV de cada bairro do município foi realizado somando toda vegetação do bairro, dividido pela área do bairro correspondente, multiplicando assim por cem, de acordo com a Equação 5 (Lucon; Prado Filho; Sobreira, 2013; Luz, 2020; Jardim; Umbelino, 2020).

$$PAV = \frac{\sum \text{cobertura vegetal (m}^2\text{)}}{\text{área do bairro (m}^2\text{)}} \times 100$$

(Equação 5)

O total das áreas verdes (m²), separadas por bairros, foram inseridos no *software* Excel versão 2405 Microsoft 365, inserido coluna com o quantitativo da área territorial de cada bairro (m²), realizando assim o cálculo do PAV para cada bairro de Recife.

Para este trabalho adotou-se um índice mínimo 30% como índice satisfatório para cobertura vegetal indicando áreas com adequado balanço térmico, conforme utilizado nas pesquisas de Garcia *et al.* (2018), Rocha e Nucci (2018) e Rodrigues e Luz (2019),

3.2.9 Análise do desempenho do indicador ambiental

Para apresentar a análise do desempenho do indicador ambiental IAV, foram estabelecidos limiares para análise considerando índice mínimo recomendado pela SBAU de 15m²/hab e metodologia do Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil (IDSC-BR) que faz parte de uma sequência de relatórios realizados pela *Sustainable Development Solutions Network* (SDSN) com o intuito de acompanhar a implementação dos ODS nos países membros da ONU, como o Brasil, sendo utilizado pelo Instituto Cidades Sustentáveis (Programa Cidades Sustentáveis).

Na metodologia do IDSC são estabelecidos valores-alvos e limiares com cores para avaliação do progresso dos municípios de acordo com os indicadores. Para a instituição, os indicadores precisam ter parâmetros para interpretar o resultado como bom ou ruim. No PCS, a classificação por cores indica quanto o município está longe de atingir o objetivo, essa mesma indicação de limiares vai indicar quanto um bairro está garantindo ou não o IAV da região.

Foram definidas escalas em quatro intervalos de limiar em cores diferentes e valor-alvo para o IAV, conforme Quadro 5.

Quadro 5 - Valor-alvo para análise de desempenho do índice de área verde (IAV)

DESEMPENHO	DESCRIÇÃO	VALOR-ALVO / ESCALA
IAV ÓTIMO	Bairro apresenta indicador com situação ótima de desempenho para índice de área verde	$IAV \geq 15,01m^2/hab$
IAV BOM	Bairro apresenta indicador com situação boa de desempenho para índice de área verde	$12,01m^2/hab \leq IAV \leq 15 m^2/hab$
IAV REGULAR	Bairro apresenta indicador com situação regular de desempenho para índice de área verde	$9,01m^2/hab \leq IAV \leq 12m^2/hab$
IAV BAIXO	Bairro apresenta indicador com situação baixa de desempenho para índice de área verde	$IAV \leq 9m^2/hab$

Fonte: Autora, 2023.

Para avaliação do desempenho do indicador ambiental PAV foi trabalhado o parâmetro utilizado três intervalos de limiar em cores diferentes e valor-alvo, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Valor-alvo para análise de desempenho do percentual de área verde (PAV)

DESEMPENHO	DESCRIÇÃO	VALOR-ALVO / ESCALA
PAV ÓTIMO	Bairro apresenta indicador com situação ótima de desempenho para percentual de área verde	$PAV \geq 30\%$
PAV BOM	Bairro apresenta indicador com situação boa de desempenho para percentual de área verde	$7,6\% \leq PAV \leq 29,99\%$
PAV BAIXO	Bairro apresenta indicador com situação baixa de desempenho para percentual de área verde	$0,0\% \leq PAV \leq 7,5\%$

Fonte: Autora, 2024.

3.2.10 Elaboração de logomarca

Para elaboração da logomarca do projeto, utilizada no *Dashboard* e aplicação *web*, foi utilizada a plataforma de inteligência artificial (IA) intitulada *Image Creator*, da Microsoft.

Esta ajuda o usuário criar imagens com base em palavras descritivas adicionadas pelo usuário.

O texto enviado para a IA apresentou a expressão “logomarca contendo folha como pin em cor verde apresentar área verde praça em meio a edificações área urbana”.

3.2.11 Elaboração de painel dinâmico para visualização dos indicadores de Recife (*Dashboard*)

De acordo com a ESRI (2021), o *Dashboard* é um painel de visualização de informações e dados geográficos que possibilita o usuário monitorar eventos, informar terceiros e tomar decisões, com informações disponíveis em uma única tela.

Um dos produtos técnicos desta pesquisa, foi a elaboração de um *Dashboard* intuitivo e de fácil compreensão que possibilita a visualização de todos os dados referentes aos indicadores de qualidade ambiental IAV e PAV para os bairros da cidade do Recife. Este produto da pesquisa foi elaborado com o *ArcGIS Dashboards*, disponível na plataforma *ArcGIS*, licenciado para o Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente (Labgeo) do IFPE *campus* Recife e disponível no GRENDES&Labgeo, localizado no Centro de Pesquisa deste *campus*.

O painel foi configurado para o layout escuro, sugerido pelo *ArcGIS Dashboards*. Antes de iniciar a elaboração do painel no *ArcGIS Dashboard*, os mapas e dados iniciais foram trabalhados no *software* *ArcGIS Pro* versão 3.3.0, atualizando as tabelas de atributos com as informações importantes para o painel que não estavam presentes nos *feature class / shapefiles* importados para o programa, sendo elas:

- Dados da projeção população 2022;
- IAV dos bairros;
- PAV dos bairros;
- Desempenho do indicador em cada bairro;
- Área verde urbana (praças, parques, jardim botânico e UCN);
- Área dos espaços livres públicos (praças, parques, jardim botânico);
- Cobertura vegetal dos bairros, por NDVI.

As informações necessárias foram exportadas para criação de um novo e atualizado

feature class e os arquivos publicados no ArcGIS Online. Os mapas desenvolvidos no ArcGIS Pro para subsidiar a pesquisa, foram também desenvolvidos no ambiente *Map Viewer* para criação do *Web Map*, sendo essa uma importante etapa para que os mapas temáticos pudessem ser utilizados no painel dinâmico. No *map viewer* foram criados os seguintes *web map*:

- Índice de área verde, considerando a soma das áreas de espaços livres públicos e áreas de UCN, em cada bairro;
- Índice de área verde, considerando a soma das áreas dos espaços livres públicos, em cada bairro;
- Percentual de área verde de cada bairro;
- Desempenho do indicador ambiental IAV, considerando a soma das áreas de espaços livres públicos e áreas de UCN, em cada bairro;
- Desempenho do indicador ambiental IAV, considerando a soma das áreas dos espaços livres públicos, em cada bairro;
- Desempenho do indicador ambiental PAV.

Os elementos disponíveis na plataforma e que foram adicionados para iniciação e visualização dos dados são: cabeçalho, lista, indicador e conteúdo embutido contendo as imagens das logomarcas da pesquisa, do mestrado e do Instituto Federal de Pernambuco.

Os dados dos indicadores são filtrados e apresentados em tela se selecionada a camada no mapa ou escolher o bairro na lista. A lista foi um dos elementos inseridos, onde estão relacionados os 94 bairros de Recife com seu nome, área territorial em m², e localização da RPA. Estes foram adicionados a partir dos códigos {field/EBAIRRNOME} {field/Shape_Area} {field/CRPAAACODI}, e classificados por nome, em ordem crescente, a partir do campo EBAIRRNOME que consta na tabela de atributos exportada do ArcGIS Pro e publicada no ArcGIS Online.

Na finalização do painel foi disponibilizado link que pode ser acessado por todos, através do endereço eletrônico <https://experience.arcgis.com/experience/2c467b28d5ec4d8da490d0ed78027c40/>

3.2.12 Elaboração da aplicação *web* e avaliação da sua correlação com os dados do IAV calculado na pesquisa

Outra proposta de produto técnico dessa dissertação foi uma aplicação para a *web* que

permite a estimativa do IAV para outras cidades (Abreu e Lima, Araçoiaba, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, e São Lourenço da Mata), através da delimitação de áreas verdes sobre o mapa da aplicação. A aplicação pode ser acessada por qualquer pessoa através de notebook ou desktop e internet, não sendo recomendado uso em smartphones.

Esta aplicação foi elaborada com a ferramenta ArcGIS *Experience Builder* (AEB) para desenvolvedores. Foi realizada a criação de *widgets*, mapas, imagens e textos necessários para o cálculo do IAV a partir de áreas selecionadas pelo usuário. O mapa base utilizado foi desenvolvido com mosaicos trabalhados no ArcGIS Pro a partir de ortoimagens disponíveis no PE3D na escala de 1:1000.

As funcionalidades que não existiam nativamente no AEB, foram desenvolvidas utilizando a API fornecida pela ESRI, utilizando a linguagem de programação *Typescript* e o *framework React*. A aplicação foi dividida por municípios que tiveram a sua população estimada para 2022 cadastrada no sistema.

Etapas para desenvolvimento da aplicação web

- Definição dos requisitos do aplicativo

A definição dos requisitos é uma etapa decisiva para desenvolvimento de um sistema eficaz, pois consiste em elencar, analisar e definir as necessidades do usuário e as características de alto nível que o sistema deve prover, focando nos requisitos técnicos identificados e no motivo destes existirem. Os requisitos do sistema para aplicação *web* foram definidos a partir de reuniões com a equipe do projeto.

Nessa etapa foram definidos os requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF), a partir da utilização de técnicas de elicitação. 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 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.

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.

- Avaliação da Aplicação *Web*

A avaliação do IAV obtido via aplicação *web* foi realizada pela comparação dos resultados obtidos por esta pesquisa via cálculo a partir de imagens de alta resolução. Para tanto foram escolhidos 02 bairros por RPA, com maior e menor IAV (considerando soma de espaços livres públicos dividido pelo número de habitantes).

Para testar estatisticamente a confirmação dos resultados estimados da aplicação *web*, foram adotadas as seguintes hipóteses:

- Nulidade H_0 : 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 H_1 : 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 6 a seguir (Silva; Silva, 1995):

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

(Equação 6)

Em que:

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

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

(Equação 7)

s_d = desvio padrão das diferenças:

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

(Equação 8)

Para aplicação do teste foram escolhidos dois bairros por Região Político-Administrativa, com maior e menor índice de área verde (considerando soma de espaços livres públicos dividido pelo número de habitantes).

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 9 a seguir:

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

(Equação 9)

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:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

(Equação 10)

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:

$$r^2 = \frac{SQReg}{SQT}$$

(Equação 11)

Em que:

$SQReg$ = 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.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MOSAICOS DE IMAGEM SATÉLITE DOVE E DO PROGRAMA PE3D

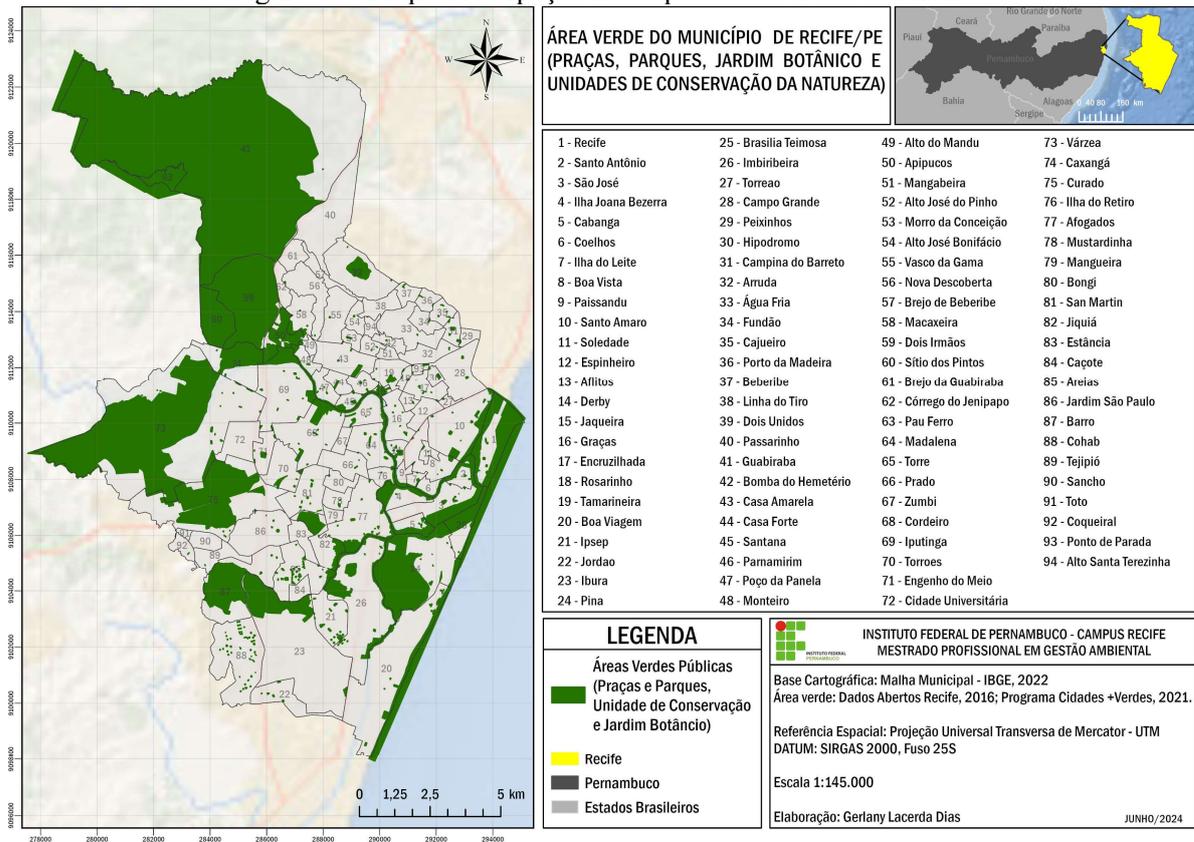
Com imagens do satélite Dove de março de 2024, disponibilizadas pela Empresa Planet, e ortoimagens obtidas do programa PE3D, conforme detalhado na metodologia, foram desenvolvidos dois mosaicos para a cidade do Recife. O Mosaico com imagens da Planet foi utilizado para a obtenção da área verde urbana total do município (cobertura vegetal) através do NDVI e classificação de imagem. O mosaico com imagens do PE3D foi utilizado como mapa base para a aplicação *web* proposta na pesquisa.

4.2 ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA DE RECIFE

Os dados obtidos no site dados abertos da PCR e programa Cidades + Verdes do Governo Federal sobre os espaços livres públicos e demais áreas verdes urbanas da cidade trouxeram as informações de praças, parques, canteiros, área verde (sem denominação), e unidade de conservação. Após cruzamento de dados por meio do SIG com os arquivos dos *shapefiles*, com a otimização dos dados no ArcGIS Pro, excluíram-se para essa etapa as informações de canteiros e área verde, por não serem consideradas espaços livres públicos ou UCN e não serem objeto para cálculo do IAV nesta pesquisa, conforme denominação trabalhada anteriormente na fundamentação teórica e metodologia.

Com os dados confrontados no *software*, elaborou-se o mapa de espaços livres públicos (praças, parques, e jardim botânico) e unidades de conservação da natureza de Recife (Figura 10). Observa-se que a maior concentração de área verde está situada na região norte e oeste da cidade, isto se deve pela localização de UCNs com características de floresta, como a UCN Mata da Várzea, UCN Mata das Nascentes, UCN Dois Irmãos e UCN Beberibe.

Figura 10 - Mapa dos espaços livres públicos e UCN de Recife



Fonte: Autora, 2024.

Distribuídos em 94 bairros e 6 RPAs, foram identificadas 365 áreas como praças, 18 áreas de parques e 25 unidades de conservação da natureza, totalizando uma área de 86.842.502,46m² de área verde considerando os espaços livres públicos e UCNs. Observa-se que alguns espaços livres públicos e UCNs, devido sua extensão territorial, ocupam área de mais de um bairro em diferentes RPAs.

Para a análise de praças, considerando o panorama geral da cidade, o bairro com maior quantidade é o Cohab, localizado na RPA-06, com um total de 47 espaços de praças (área total ou parcial por bairro) correspondendo a 12,8% do total das 365 praças da cidade estabelecidas na pesquisa. O segundo bairro com maior quantitativo é Areias, na RPA-05, com 26 praças, sendo 7% do total. Apenas a RPA-06 apresenta este espaço livre público em todos os bairros, constando em todas as outras RPAs bairros com ausência de praças no território (Quadro 7).

Se considerada a configuração das RPAs para as praças, aquela que apresenta maior quantitativo de praças é a RPA-06, essa realidade se dá pela quantidade desta tipologia de espaço livre público no bairro da Cohab. É a RPA com mais número de praças e o menor número de bairros em sua extensão. Se considerada para análise o total das áreas das praças em

m² para cada bairro, destaca-se o bairro do Curado com a maior extensão deste equipamento em seu território, sendo 111.823,80m², o que corresponde a 10,5% do total geral (Quadro 7).

Para a análise de parques, Recife apresenta uma área total de 943.086,50m² para esses espaços, destacando Cordeiro como o bairro com maior quantitativo de área de parques, localizado na RPA-04, totalizando 03 áreas de parques dos 18 da cidade. A menor extensão territorial de praça se encontra no bairro do Curado (630,25m²). Todas as RPAs apresentam algum bairro com a presença de parque em seu território, sendo as RPAs 03 e 04 com o maior quantitativo de parques (03 parques em cada região), juntas correspondendo a cerca de 33% do sistema de parques da cidade. Se considerada para análise apenas o total das áreas dos parques (m²), o bairro do Cordeiro também se destaca em primeiro lugar, com 318.097,89m² (Quadro 7).

Sobre as unidades de conservação da natureza, 40 dos 94 bairros de Recife possui em seu território área total ou parcial de UCN. O destaque para esse tipo de área verde na cidade está no bairro da Guabiraba, RPA-03, que abriga em parte seu território a UCN Beberibe, totalizando 39.402.399,90m², o que corresponde a maior extensão de UCN em um bairro, em toda cidade (45%) e por RPA. A RPA-03 é responsável por abrigar em seu território 57% do m² de UCN da cidade, com um total de 49.776.987m² (Quadro 7).

Quadro 7 - Total de espaços livres públicos e UCN em todos os bairros de Recife

(continua)

RPA	BAIRROS	PRAÇAS		PARQUES		JARDIM BOTÂNICO		UCN (ÁREA TOTAL OU PARCIAL)	
		un	m ²	un	m ²	un	m ²	un	m ²
01	BAIRRO DO RECIFE	06	18.168,86	0	0	0	0	02	2.143.072,50
	BOA VISTA	06	25.040,51	0	0	0	0	0	0
	CABANGA	03	12.977,48	0	0	0	0	01	313.412,68
	ILHA DO LEITE	03	17.681,87	0	0	0	0	01	16.372,78
	ILHA JOANA BEZERRA	01	779,38	0	0	0	0	03	486.270,97
	COELHOS	0	0	0	0	0	0	01	62.776,49
	PAISSANDU	01	2.372,24	0	0	0	0	01	77.942,68
	SANTO AMARO	11	39.067,94	02	80.773,80	0	0	01	317.943,47
	SANTO ANTÔNIO	05	28.877,41	0	0	0	0	01	291.963,29
	SÃO JOSÉ	06	22.398,04	0	0	0	0	01	796.946,98
SOLEDADE	02	4.029,19	0	0	0	0	0	0	
TOTAL RPA-01	-	171.392,92	-	80.773,8	-	-	-	4.506.701,84	
02	ÁGUA FRIA	02	694,51	0	0	0	0	0	0
	ALTO SANTA TEREZINHA	01	328,80	0	0	0	0	0	0
	ARRUDA	01	1.439,13	0	0	0	0	0	0
	BEBERIBE	01	2.468,54	0	0	0	0	0	0
	BOMBA DO HEMETÉRIO	01	869,81	0	0	0	0	0	0

Quadro 7 - Total de espaços livres públicos e UCN em todos os bairros de Recife

(continuação)

RPA	BAIRROS	PRAÇAS		PARQUES		JARDIM BOTÂNICO		UCN (ÁREA TOTAL OU PARCIAL)	
		un	m ²	un	m ²	un	m ²	un	m ²
02	CAJUEIRO	05	4.525,78	0	0	0	0	0	0
	DOIS UNIDOS	02	1.138,20	0	0	0	0	01	387.900,00
	FUNDÃO	01	2.191,96	0	0	0	0	0	0
	HIPÓDROMO	02	14.768,07	0	0	0	0	0	0
	CAMPINA DO BARRETO	05	25.906,43	0	0	0	0	0	0
	CAMPO GRANDE	02	7.804,68	01	10.339,30	0	0	0	0
	ENCRUZILHADA	05	7.677,83	0	0	0	0	0	0
	LINHA DO TIRO	01	97,10	0	0	0	0	0	0
	PEIXINHOS	0	0	0	0	0	0	0	0
	PONTO DE PARADA	02	8.369,13	0	0	0	0	0	0
	PORTO DA MADEIRA	03	2.029,97	0	0	0	0	0	0
	ROSARINHO	03	3.931,84	0	0	0	0	0	0
	TORREÃO	01	2.259,27	0	0	0	0	0	0
TOTAL RPA-02		-	86.501,06	-	10.339,30	0	0	-	387.900,00
03	AFLITOS	01	1.203,00	0	0	0	0	0	0
	ALTO DO MANDU	01	451,61	0	0	0	0	01	17.527,24
	ALTO JOSÉ BONIFÁCIO	01	1.799,40	0	0	0	0	0	0
	ALTO JOSÉ DO PINHO	02	943,63	0	0	0	0	0	0
	APIPUCOS	01	1.448,20	01	103.790,00	0	0	02	942.877,08
	BREJO DA GUABIRABA	0	0	0	0	0	0	0	0
	BREJO DE BEBERIBE	0	0	0	0	0	0	0	0
	CASA AMARELA	04	7.858,93	01	0	0	0	0	0
	CASA FORTE	01	0	0	0	0	0	0	0
	CÓRREGO DO JENIPAPO	0	0	0	0	0	0	0	0
	DERBY	07	37.917,87	01	12.129,08	0	0	01	37.608,71
	DOIS IRMÃOS	01	8.574,79	0	0	0	0	01	5.445.089,70
	ESPINHEIRO	0	0	0	0	0	0	0	0
	GRAÇAS	05	8.284,19	0	0	0	0	01	50.463,22
	GUABIRABA	02	4.529,07	0	0	0	0	01	39.402.399,90
	JAQUEIRA	04	10.987,28	01	71.793,04	0	0	01	37.249,22
	MACAXEIRA	04	6.858,03	0	0	0	0	01	110.496,41
	MANGABEIRA	0	0	0	0	0	0	0	0
	MONTEIRO	02	1.607,16	0	0	0	0	01	12.193,67
	MORRO DA CONCEIÇÃO	01	6.368,16	0	0	0	0	0	0
NOVA DESCOBERTA	02	2.677,54	0	0	0	0	0	0	
PARNAMIRIM	06	11.660,89	0	0	0	0	0	0	
PASSARINHO	0	0	0	0	0	0	0	0	
PAU-FERRO	0	0	0	0	0	0	01	1.750.400,40	

Quadro 7 - Total de espaços livres públicos e UCN em todos os bairros de Recife

(conclusão)

RPA	BAIRROS	PRAÇAS		PARQUES		JARDIM BOTÂNICO		UCN (ÁREA TOTAL OU PARCIAL)	
		un	m ²	un	m ²	un	m ²	un	m ²
03	POÇO DA PANELA	05	3.832,53	0	0	0	0	01	56.567,93
	SANTANA	03	15.607,38	01	36.299,97	0	0	01	47.380,94
	TAMARINEIRA	04	2.587,67	01	56.496,36	0	0	0	0
	SÍTIO DOS PINTOS	0	0	0	0	0	0	02	1.854.538,66
	VASCO DA GAMA	02	2.752,65	0	0	0	0	0	0
TOTAL RPA-03	-	151.805,88	-	341.551,31	-	-	-	-	49.764.792,98
04	CAXANGÁ	02	2.336,32	0	0	0	0	01	1.078.119,96
	CIDADE UNIVERSITÁRIA	0	0	0	0	0	0	0	0
	CORDEIRO	05	7.046,64	03	318.097,89	0	0	01	60.870,46
	ENGENHO DO MEIO	03	5.689,49	01	28.171,22	0	0	0	0
	ILHA DO RETIRO	02	2.607,05	0	0	0	0	02	45.577,24
	IPUTINGA	11	25.012,18	01	91.705,09	0	0	02	484.558,64
	MADALENA	11	42.083,06	0	0	0	0	01	74.320,43
	PRADO	02	2.225,74	0	0	0	0	0	0
	TORRE	07	33.864,78	0	0	0	0	01	96.584,69
	TORRÕES	05	61.162,22	01	16.762,79	0	0	0	0
VÁRZEA	15	28.402,36	0	0	0	0	03	12.713.049,43	
ZUMBI	01	538,11	0	0	0	0	0	0	
TOTAL RPA-04	-	210.968,95	-	454.737,00	-	-	-	-	14.553.080,85
05	AFOGADOS	10	19.725,24	0	0	0	0	02	337.499,86
	AREIAS	26	69.290,22	0	0	0	0	02	92.247,89
	BARRO	03	5.502,91	0	0	0	0	01	1.893.719,94
	BONGI	01	1.245,49	0	0	0	0	0	0
	CAÇOTE	0	0	0	0	0	0	0	0
	COQUEIRAL	01	610,69	0	0	0	0	0	0
	CURADO	04	70.114,18	02	630,25	01	114.443	02	3.765.116,96
	ESTÂNCIA	0	0	0	0	0	0	0	0
	JARDIM SÃO PAULO	04	11.237,59	0	0	0	0	0	0
	JUIQUIÁ	03	7.277,12	0	0	0	0	03	647.970,07
	MANGUEIRA	01	481,90	0	0	0	0	0	0
	MUSTARDINHA	02	5.827,76	0	0	0	0	0	0
	SAN MARTIN	09	16.243,62	0	0	0	0	0	0
	TEJIPIÓ	02	1.782,22	0	0	0	0	0	0
TOTÓ	0	0	0	0	0	0	0	0	
SANCHO	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL RPA-05	-	209.338,95	-	630,25	-	114.443	-	6.736.554,71	
06	BOA VIAGEM	10	32.271,63	01	36.964,94	0	0	02	1.093.059,88
	BRASÍLIA TEIMOSA	01	510,30	0	0	0	0	02	1.033.522,35
	COHAB	47	46.619,16	0	0	0	0	0	0
	IBURA	01	16.155,89	0	0	0	0	01	1.820.950,01
	IMBIRIBEIRA	10	22.349,24	0	0	0	0	05	796.727,97
	IPSEP	14	38.385,56	01	19.089,89	0	0	0	0
	JORDÃO	05	12.011,86	0	0	0	0	0	0
PINA	07	16.295,67	0	0	0	0	02	3.918.987,22	
TOTAL RPA-06	-	184.590,31	-	55.054,83	-	114.443	-	8.663.247,43	
TOTAL GERAL	-	1.014.598,0	-	943.086,50	-	114.443	-	84.612.277,91	

Fonte: Autora, 2024, com dados da PCR (2020) e Programa Cidades+Verdes (2021).

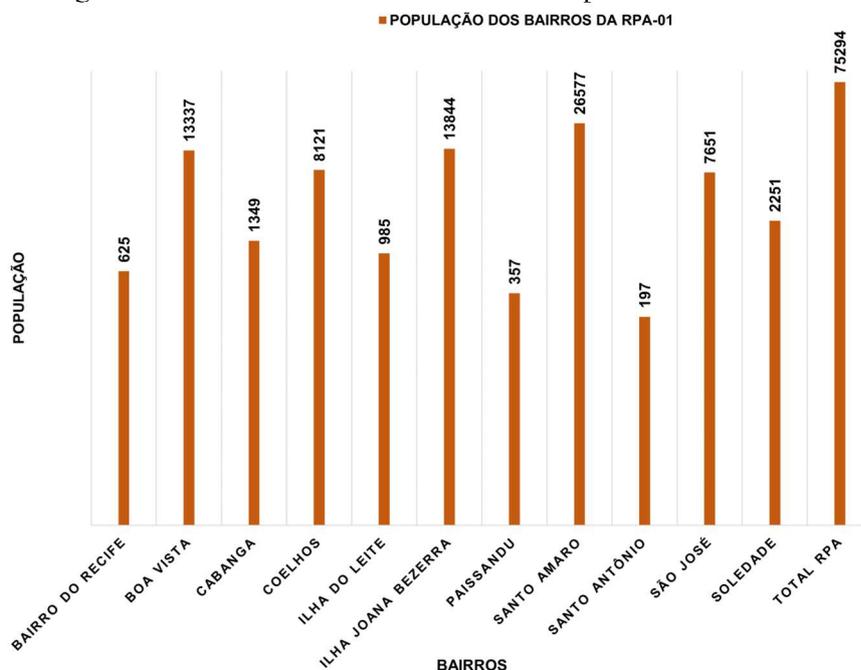
4.3 PROJEÇÃO POPULACIONAL ARITMÉTICA PARA O ANO 2022

Com método e fórmula de projeção aritmética, foi possível analisar a população dos bairros de Recife considerando o ano de 2022 a partir dos resultados do cálculo. Sendo o total de habitantes uma variável importante para o cálculo do IAV, essa projeção se fez necessária por não ter sido divulgado até o final da pesquisa o resultado total da população por setor censitário por parte do IBGE - Censo 2022.

Com o resultado, Recife apresentou uma projeção populacional 1.682.920 habitantes, ultrapassando em 13% da população total divulgada pelo Censo 2022. A RPA-01, composta por 11 bairros, se caracteriza com o total de 75.294 habitantes, equivalente a 4,47% da população total da cidade. O bairro menos populoso da região é Santo Antônio, com 197 habitantes, o que pode ser justificado por compor a área central do Recife que se caracteriza por atividades portuárias, comércio, e repartições públicas.

O bairro mais populoso da RPA-01 é bairro de Santo Amaro, abrigando 35% da população da RPA-01, possui as mesmas características comercial dos bairros do centro da cidade, apresenta extensão territorial maior que o bairro de Santo Antônio (Figura 11).

Figura 11 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-01

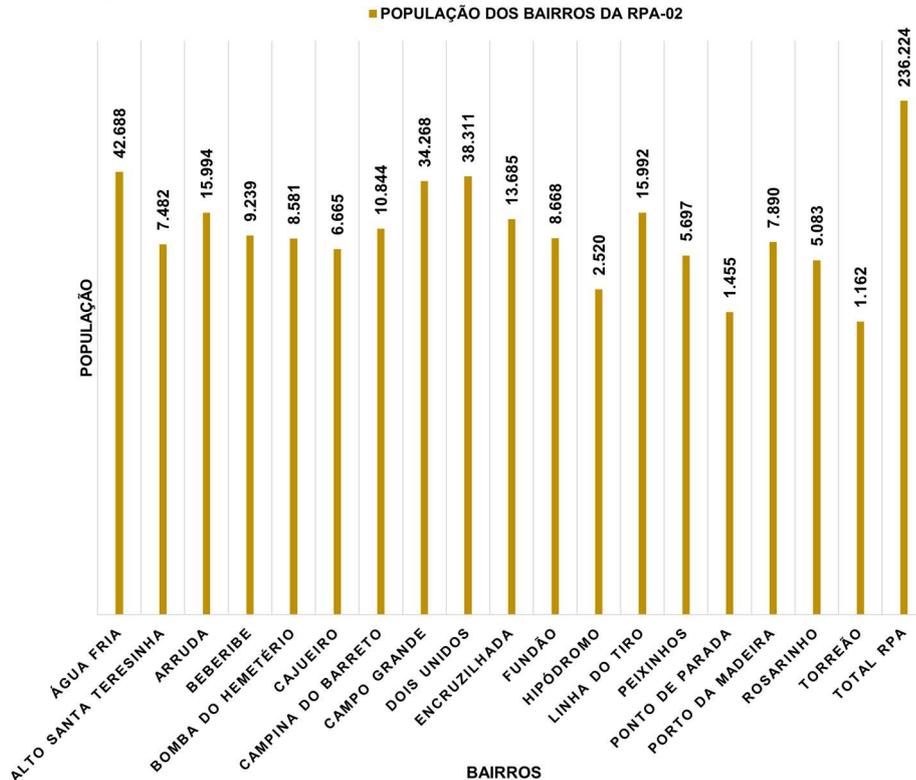


Fonte: Autora, 2024.

A RPA-02, localizada a Leste da cidade, se caracteriza por abrigar 18 bairros e um total de 236.224 habitantes, correspondendo a 14% da população de recifense. O bairro menos

populoso é Torreão, composto por 1.162 habitantes, equivalente a menos de 1% da população da RPA. O bairro mais populoso é Água Fria, representando 18% da população de toda RPA (Figura 12).

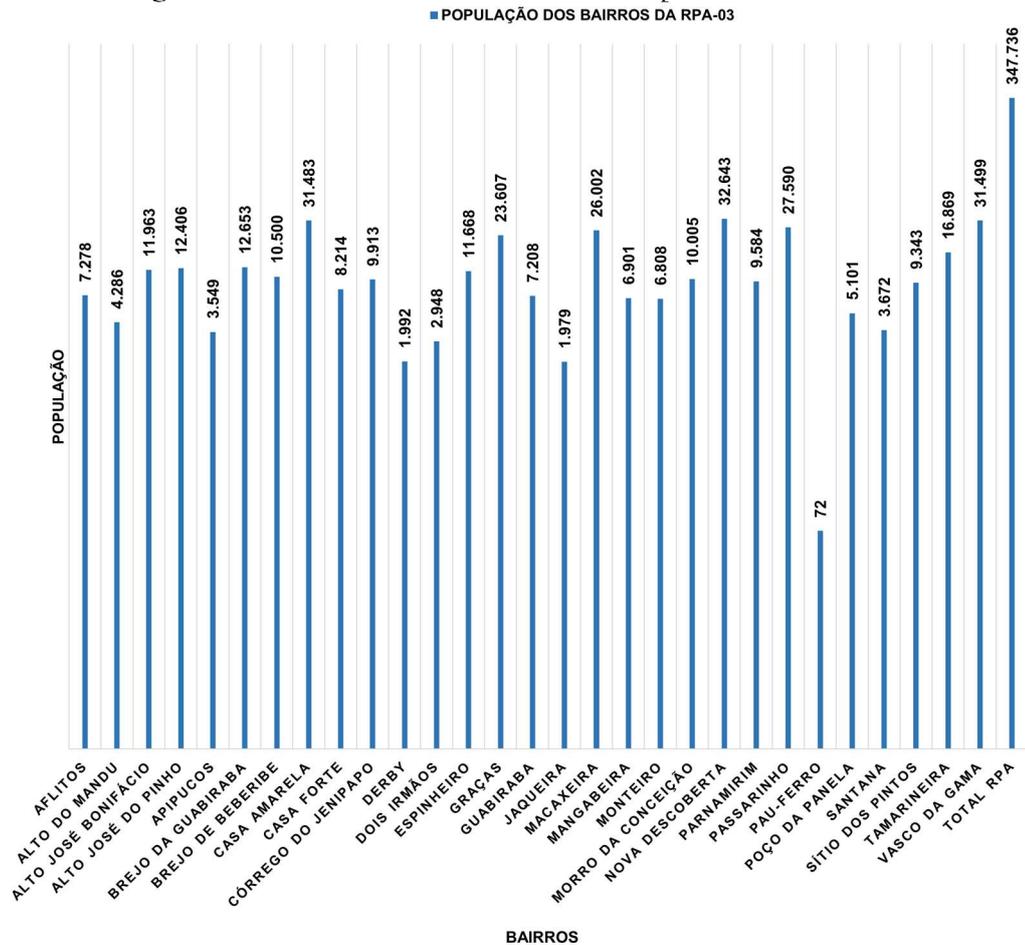
Figura 12 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-02



Fonte: Autora, 2024.

A RPA-03, que compõe os bairros mais a Norte da cidade, é composta por 29 bairros e um total de 347.736 habitantes, sendo 20% da população recifense. O bairro menos populoso na RPA é Pau-Ferro, bairro que em território abriga uma porção da UCN Beberibe, possui menos de 100 habitantes, menos de 1% da população da RPA. O bairro mais populoso é Nova Descoberta, bairro das áreas de morro da Zona Norte do Recife, apresenta 32.643 habitantes, representando 9,3% da população de toda RPA (Figura 13).

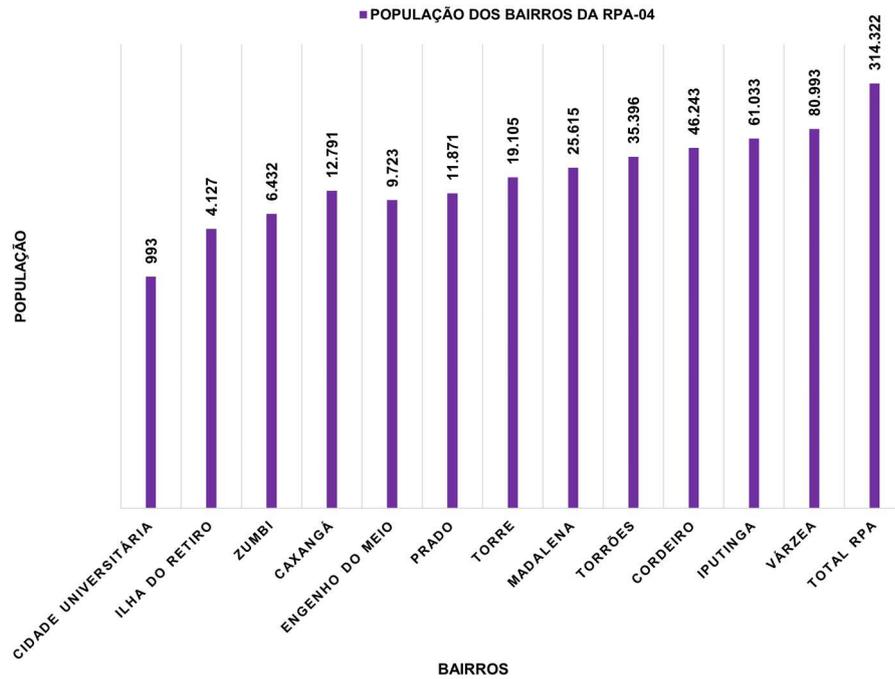
Figura 13 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-03



Fonte: Autora, 2024.

Representando 18% da população da cidade, a RPA-04 é composta por 12 bairros apresentando 314.322 habitantes. O bairro da Cidade Universitária é o menos populoso, com apenas 993 habitantes, o que se caracteriza por ser um bairro composto, em quase totalidade de do território, pelo *campus* e Reitoria da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Hospital das Clínicas e prédio da antiga Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). O bairro mais populoso é o bairro da Várzea, composto por 25% da população da RPA, totalizando 80.993 habitantes (Figura 14).

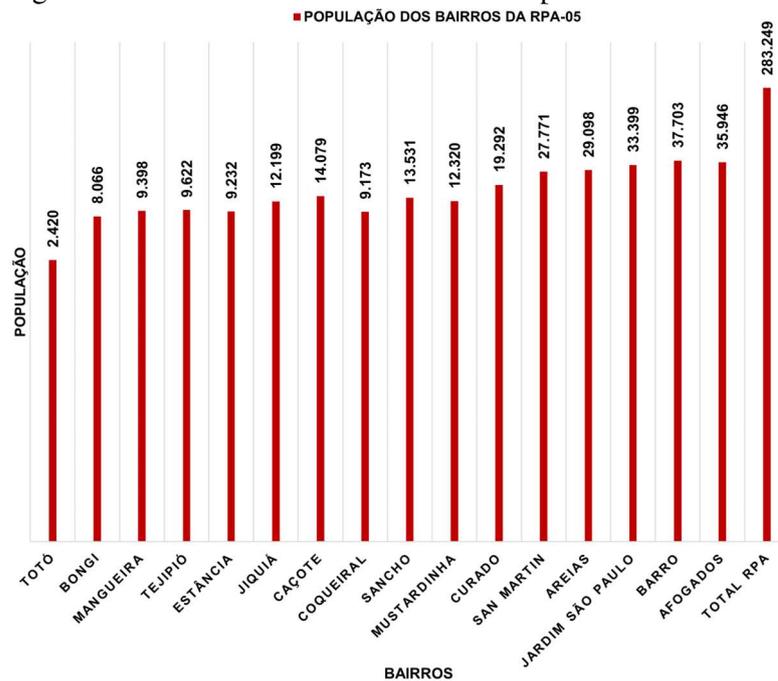
Figura 14 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-04



Fonte: Autora, 2024.

A RPA-05, composta por 16 bairros, representa 16% da população total de Recife, totalizando 283.249 habitantes. Totó possui o menor quantitativo de habitantes com 2.420, menos de 1% da população da RPA. Já o bairro do Barro representa 13% da população da RPA, com 37.703 habitantes. Esta RPA abriga 16,83% da população total da cidade (Figura 15).

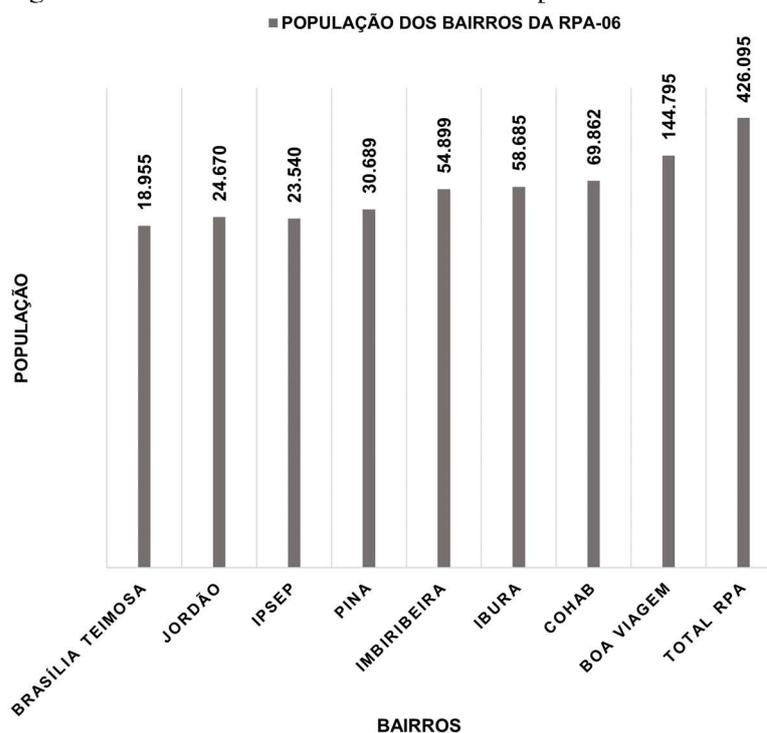
Figura 15 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-05



Fonte: Autora, 2024.

Localizada na porção Sul da capital pernambucana, a RPA-06 apresenta a maior população absoluta da cidade, composta por 426.095 habitantes correspondendo a 25,31% do total da cidade, a maior representatividade entre todas as RPAs, apesar de ser composto por 08 bairros. Boa Viagem é o bairro mais populoso com 144.795 residentes, 34% da população da RPA. A menor população se concentra no bairro de Brasília Teimosa, com 18.955 habitantes, 4% do total da população da RPA-06 (Figura 16).

Figura 16 - Gráfico do número de habitantes por bairro na RPA-06



Fonte: Autora, 2024.

4.4 ÍNDICE DE ÁREA VERDE

Com os resultados da população e identificação das áreas verdes urbanas categorizadas pelos espaços livres públicos (praças, parques e jardim botânico) e unidades de conservação da natureza, foi realizado o cálculo e análise do IAV para os bairros da cidade. Inicialmente o cálculo considerou os espaços livres públicos e áreas de UCN, posteriormente o cálculo foi realizado apenas com os espaços livres públicos para identificar o impacto das UCNs no cálculo deste indicador.

4.4.1 Índice de área verde (IAV) considerando espaços livres públicos e áreas de Unidade de Conservação da Natureza

Para o primeiro cálculo de IAV de Recife, foi considerado a divisão da soma área ocupada pelos espaços livres públicos (praças, parques e jardim botânico) e as áreas de UCNs pelo número total de habitantes. Apesar de algumas UCNs em Recife serem áreas verdes privadas, de domínio particular e acesso restrito para a população, neste primeiro momento buscou-se apresentar o cálculo incluindo essas áreas por serem consideradas áreas de lazer e utilizadas pela população, e sua importância socioambiental. A inclusão dessas áreas no IAV impacta positivamente para o alcance de valores positivos para o indicador e análise de uma boa qualidade ambiental da região, conforme parâmetro da SBAU.

Neste primeiro momento, analisando toda cidade do Recife, o IAV resultou em 51m² de área verde por habitantes, índice inferior ao publicado pela Prefeitura do Recife em Maio de 2024. Recife (2024b) apresentou em divulgação um índice de 60,11m²/hab, correlacionando com a recomendação mínima da OMS de 12m²/hab e uma área verde de 91,900.000m² (91,9km²), porém não apresenta a metodologia utilizada para o cálculo e as áreas verdes consideradas.

Para os 51m²/hab resultante da metodologia aplicada nesta pesquisa, ou para os 60,11m²/hab divulgado pela prefeitura da cidade, sendo 15m²/hab o estabelecido como parâmetro mínimo pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), a cidade apresenta um total de IAV superior em mais de 200% em relação ao parâmetro mínimo estabelecido como parâmetro da pesquisa.

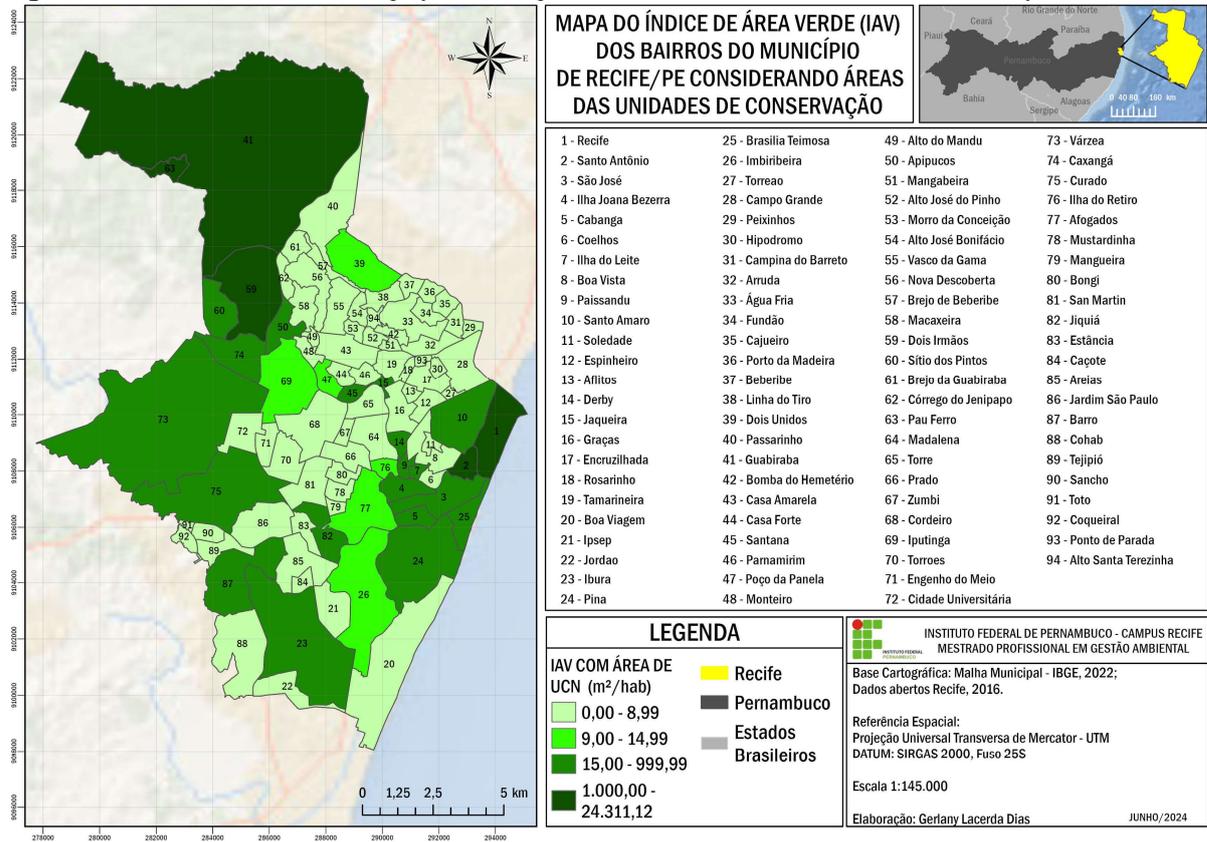
Quanto a análise por bairros, a distribuição dos maiores IAVs, comparados com o parâmetro da SBAU, apenas a RPA-02 não apresenta bairro com IAV \geq 15m²/hab. Correspondem o total de 24 bairros aqueles que atendem ou ultrapassam o mínimo de IAV exigido, referente a 25,53% dos bairros.

Os bairros que se destacam com IAV > 1000m²/hab são Beberibe, Pau-Ferro, Dois Irmãos, bairro do Recife e Santo Antônio (Figura 17). O alto índice de qualidade ambiental urbana nos bairros se dá pela presença da UCN Beberibe nos bairros de Guabiraba e Pau-Ferro, UCN Dois Irmãos no bairro de Dois Irmãos e UCN Estuário do Rio Capibaribe nos bairros do Recife e Santo Antônio.

Os demais 70 bairros que compõem a cidade apresentam IAV abaixo da recomendação mínima da SBAU com valores dos índices entre 0 e 14,92m²/hab, o que se caracteriza como 74,46% dos bairros com baixa qualidade ambiental urbana, tendo como referência os valores

de seu IAV. Esses bairros apresentam maior concentração nas RPAs 02 e 03, localizados na zona Oeste da cidade e caracterizada por regiões de morro e alto adensamento construtivo (Figura 17).

Figura 17 - IAV considerando espaços livres públicos e áreas de Unidade de Conservação da Natureza

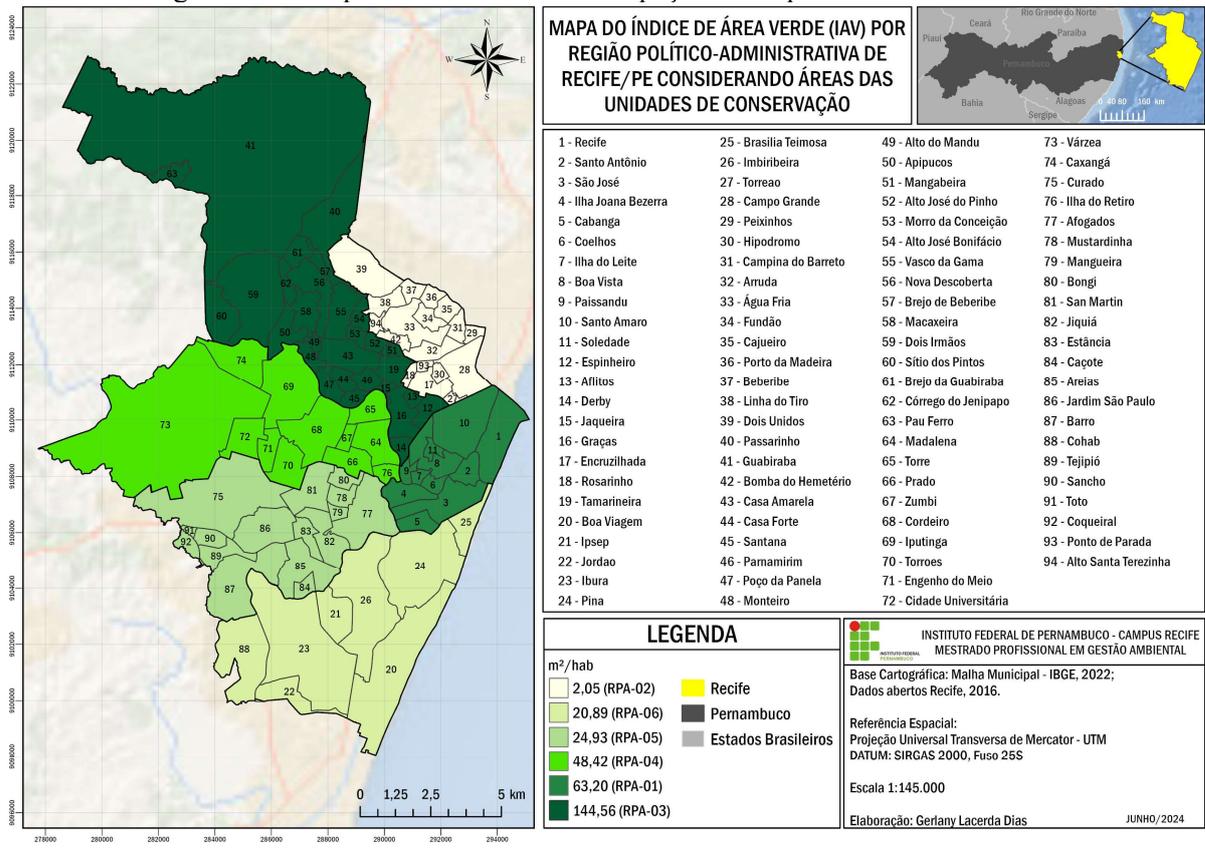


Fonte: Autora, 2024

Analisando apenas o cenário por RPA, a RPA-02 é a que apresenta a menor qualidade ambiental urbana, com IAV de 2,05m²/hab, o que ratifica por ser uma região de morro, de alto adensamento construtivo e com poucos espaços livres públicos em seu território. As demais RPAs atendem o parâmetro mínimo de 15m² de área verde por habitante, considerando assim regiões com boa qualidade ambiental urbana. A RPA-03 apresenta o maior IAV dentre todas as RPAs, resultando num índice de 144,56m²/hab (Figura 18).

A RPA-01 apresenta IAV de 63,2m²/hab. Composta por 11 bairros, 72% destes possuem o IAV superior ao mínimo de 15m²/hab recomendado pela SBAU. Apenas os bairros da Boa Vista, Coelhos e Soledade tem resultado do IAV abaixo do parâmetro mínimo estabelecido, correspondendo (Quadro 8).

Figura 18 - IAV por RPA considerando espaços livres públicos e áreas de UCN



Fonte: Autora, 2024.

Quadro 8 - IAV da RPA-01 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN

RPA	BAIRROS	IAV (m ² /hab)
RPA 1	BAIRRO DO RECIFE	3.455,95
	BOA VISTA	1,88
	CABANGA	241,97
	COELHOS	7,73
	ILHA DO LEITE	34,58
	ILHA JOANA BEZERRA	35,18
	PAISSANDU	224,77
	SANTO AMARO	16,47
	SANTO ANTÔNIO	1.626,89
	SÃO JOSÉ	107,09
SOLEDADE	1,79	
RPA-01		63,20

Fonte: Autora, 2024.

Dentre as RPAs, a RPA-02 apresenta o menor IAV, e assim como a RPA, todos os bairros que a compõem apresentam IAV inferior aos 15m²/hab recomendado pela SBAU. O bairro com maior IAV é Dois Unidos, com um índice de 10,15m² de área verde por habitante, inferior ao parâmetro da SBAU, mas quatro vezes maior que o IAV da RPA (Quadro 9).

Quadro 9 - IAV da RPA-02 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN

RPA	BAIROS	IAV (m ² /hab)
RPA 2	ÁGUA FRIA	0,02
	ALTO SANTA TERESINHA	0,04
	ARRUDA	0,09
	BEBERIBE	0,27
	BOMBA DO HEMETÉRIO	0,10
	CAJUEIRO	0,68
	CAMPINA DO BARRETO	2,39
	CAMPO GRANDE	0,53
	DOIS UNIDOS	10,15
	ENCRUZILHADA	0,56
	FUNDÃO	0,25
	HIPÓDROMO	5,86
	LINHA DO TIRO	0,01
	PEIXINHOS	0,00
	PONTO DE PARADA	5,75
	PORTO DA MADEIRA	0,26
	ROSARINHO	0,77
	TORREÃO	1,94
RPA-02	2,05	

Fonte: Autora, 2024.

Dos 29 bairros que compõem a RPA-03, apenas 27,5% atendem ao índice mínimo recomendado pela SBAU, são eles: Apipucos, Dois Irmãos, Derby, Guabiraba, Jaqueira, Pau-Ferro, Santana e Sítio dos Pintos (Quadro 10). O bairro de maior índice é Pau-Ferro, devido ser um bairro com sua área total inserida em uma UCN. Bairros com ausência de áreas verdes públicas e áreas de UCN apresentam o IAV igual a zero, caracterizando assim a baixa qualidade ambiental da região, sendo eles: Brejo da Guabiraba, Brejo de Beberibe, Córrego do Jenipapo, Espinheiro, Mangabeira e Passarinho. Com características parecidas de qualidade ambiental urbana, os bairros de Alto José do Pinho e Vasco da Gama apresentam IAV abaixo de 1m²/hab (Quadro 10).

Quadro 10 - IAV da RPA-03 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN (continua)

RPA	BAIROS	IAV (m ² /hab)
RPA 3	AFLITOS	0,17
	ALTO DO MANDU	4,20
	ALTO JOSÉ BONIFÁCIO	0,15
	ALTO JOSÉ DO PINHO	0,08
	APIPUCOS	295,31
	BREJO DA GUABIRABA	0,00
	BREJO DE BEBERIBE	0,00
	CASA AMARELA	2,19
	CASA FORTE	1,69
	CÓRREGO DO JENIPAPO	0,00
	DERBY	44,00
	DOIS IRMÃOS	1.849,89
	ESPINHEIRO	0,00
	GRAÇAS	2,49

Quadro 10 - IAV da RPA-03 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN (conclusão)

RPA	BAIRROS	IAV (m ² /hab))
RPA 3	GUABIRABA	5.467,19
	JAQUEIRA	60,64
	MACAXEIRA	4,51
	MANGABEIRA	0,00
	MONTEIRO	2,03
	MORRO DA CONCEIÇÃO	0,64
	NOVA DESCOBERTA	0,08
	PARNAMIRIM	1,22
	PASSARINHO	0,00
	PAU-FERRO	24.311,12
	POÇO DA PANELA	11,84
	SANTANA	27,04
	SÍTIO DOS PINTOS	198,51
	TAMARINEIRA	3,50
	VASCO DA GAMA	0,09
RPA-03	144,56	

Fonte: Autora, 2024.

A RPA-04 é a terceira entre as RPAs com o melhor IAV, correspondendo a 48,42m² de área verde por habitante, valor do índice acima do recomendado pela SBAU (Quadro 11). Dos doze bairros da RPA-04, apenas 41% possuem porção total ou parcial de UCN em seu território, sendo eles Madalena, Ilha do Retiro, Torre, Cordeiro, Iputinga, Caxangá e Várzea. O bairro da Cidade Universitária não apresenta cadastro de áreas verdes, resultando assim em IAV igual a zero, o que pode ser respondido por ser um bairro que abrange em sua maior porção o campus da UFPE, porém algumas áreas são utilizadas pela população para fins de lazer, prática de exercícios, esportes e contemplação, principalmente nos finais de semana e feriado. Apenas 33% dos bairros da RPA-04 possuem IAV de acordo com índice da SBAU, sendo o bairro com Várzea aquele com maior IAV, totalizando 157,32m² de área verde por habitante (Quadro 11).

Quadro 11 - IAV da RPA-04 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN

RPA	BAIRROS	IAV (m ² /hab))
RPA 04	CIDADE UNIVERSITÁRIA	0,00
	ILHA DO RETIRO	11,68
	ZUMBI	0,08
	CAXANGÁ	84,47
	ENGENHO DO MEIO	3,48
	PRADO	0,19
	TORRE	6,83
	MADALENA	4,54
	TORRÕES	2,20
	CORDEIRO	8,35
	IPUTINGA	9,85
	VÁRZEA	157,32
	RPA-04	48,42

Fonte: Autora, 2024.

A RPA-05 apresenta IAV igual a 24,93m²/hab, correspondendo ao índice recomendado pela SBAU. É composta por 16 bairros, apresentando IAV igual a zero nos bairros de Totó, Estância, Caçote e Sancho. Outros 06 bairros apresentam IAV menor que 1m² de área verde por habitante. Apenas os bairros de Jiquiá, Curado e Barro possuem IAV que corresponde ao mínimo de 15m²/hab sugerido pela SBAU (Quadro 12).

Quadro 12 - IAV da RPA-05 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN

RPA	BAIRROS	IAV (m ² /hab)
RPA 05	TOTÓ	0,00
	BONGI	0,15
	MANGUEIRA	0,05
	TEJIPIÓ	0,19
	ESTÂNCIA	0,00
	JIQUIÁ	53,71
	CAÇOTE	0,00
	COQUEIRAL	0,07
	SANCHO	0,00
	MUSTARDINHA	0,47
	CURADO	204,76
	SAN MARTIN	0,58
	AREIAS	5,55
	JARDIM SÃO PAULO	0,34
	BARRO	50,37
	AFOGADOS	9,94
RPA-05	24,93	

Fonte: Autora, 2024.

A RPA-06 que é composta pelos 08 bairros da zona Sul da cidade, apresenta IAV igual a 25,08m²/hab, correspondendo ao índice recomendado pela SBAU. Dos bairros da RPA, 50% apresentam IAV \geq 15,01m²/hab, sendo o bairro do Pina o responsável pelo maior IAV (128,33m²/hab). Os bairros de Cohab e Jordão possuem IAV menor que 1m²/hab, acompanhados dos bairros de Ipsep e Boa Viagem com IAV menor que 15m²/hab, correspondendo a baixa qualidade ambiental da região e não atendendo ao mínimo do parâmetro estabelecido pela SBAU (Quadro 13).

Quadro 13 - IAV da RPA-06 e bairros considerando espaços livres públicos e UCN

RPA	BAIRROS	IAV (m ² /hab)
RPA 06	BRASÍLIA TEIMOSA	54,55
	JORDÃO	0,49
	IPSEP	2,44
	PINA	128,33
	IMBIRIBEIRA	14,92
	IBURA	31,30
	COHAB	0,67
	BOA VIAGEM	8,02
RPA-05	20,89	

Fonte: Autora, 2024.

A pesquisa desenvolvida por PAZ (2016) calculou o IAV das RPAs de Recife, com metodologia diferente da aplicada neste trabalho, pois, considerou como áreas verdes públicas os parques, praças, refúgios, área verde/jardim, canteiro central e equipamento/cemitério, com um total 2.986.789,80m². Todos os resultados de IAV por RPA na pesquisa do autor obtiveram índices de IAV inferiores ao desta pesquisa e da recomendação mínima da SBAU.

Destaca-se nessa análise o alto valor do IAV nos bairros, devido a expressiva presença das áreas de UCN em algumas regiões, contribuindo para as áreas verdes urbanas e na qualidade ambiental e de vida da população.

4.4.2 Índice de área verde considerando os espaços livres públicos (praças, parques e jardim botânico)

Após considerar as UCN (áreas verdes de acesso restrito), no cálculo do IAV, buscou-se apresentar um segundo cálculo para o indicador, realizado com a divisão da soma das áreas dos espaços livres públicos (praças, parques e jardim botânico) pela população da área de estudo. Esse novo cálculo apresenta o impacto de se considerar ou não as UCN para este índice.

De modo geral, o IAV de Recife considerando área de 2.230.224,56m² de espaços livres públicos, tem o indicador reduzido para 1,33m² de área verde por habitantes, se comparado com o cálculo realizado no primeiro momento desta pesquisa. Este resultado representa uma distância de mais de 90% para se alcançar o parâmetro mínimo de 15m²/hab recomendado pela SBAU.

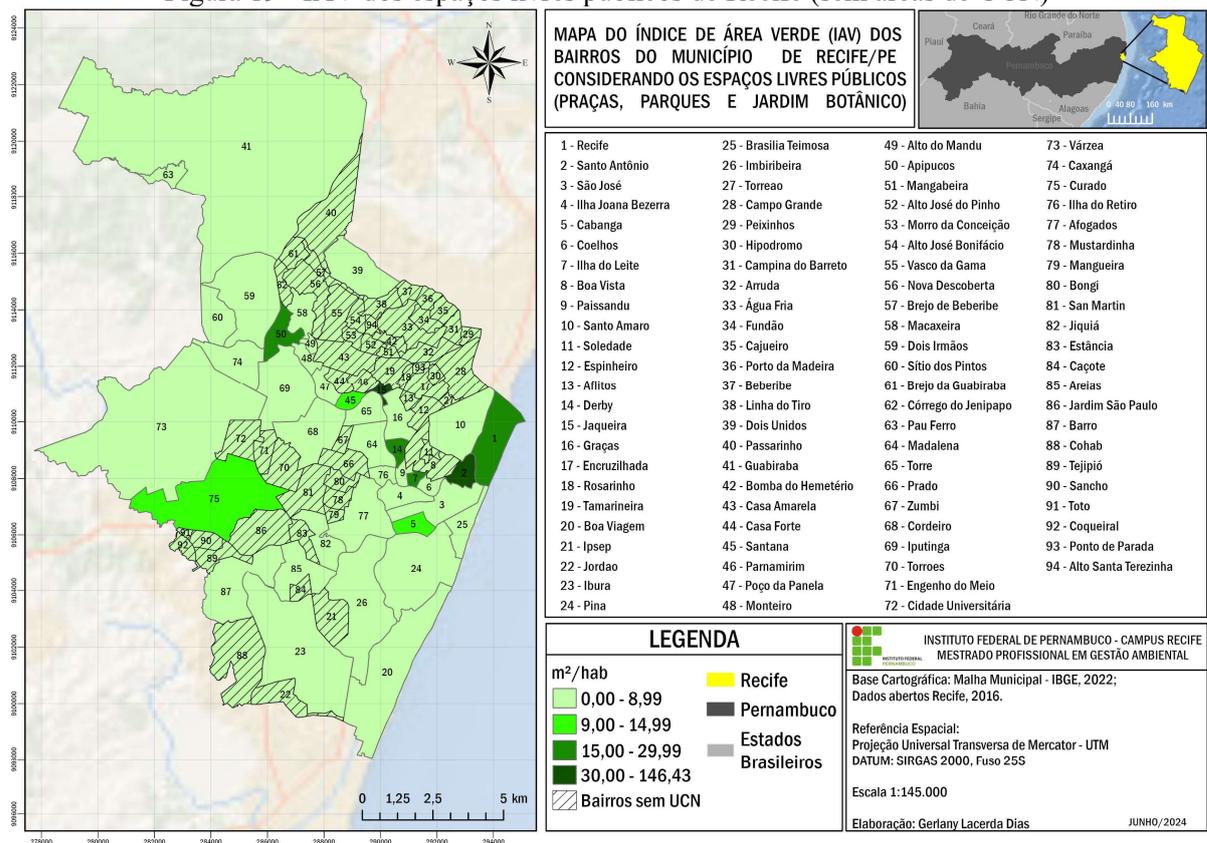
Quanto a análise por bairros, 54 bairros permanecem com o mesmo IAV resultante do primeiro cálculo, pois não apresentam UCN em seu território, e já se caracterizavam por um índice inferior a 15m² de área verde por habitante, sem atender ao mínimo recomendado (Figura 19). Nesta metodologia de cálculo, apenas seis bairros apresentam IAV maior ou igual que 15m²/hab. Os bairros que atendem ao índice mínimo sugerido pela SBAU são Apipucos, Jaqueira, Recife, Santo Antônio, Derby e Ilha do Leite, representando 6,38% dos bairros da cidade, conforme apresentado na Figura 19. Os bairros Curado, Cabanga e Santana, apesar de apresentarem índice menor que o recomendado, apresentam IAV maior que 9 e menor que 14,99m²/hab, o mais próximo a atingir o recomendado pelo índice da SBAU.

Dos 24 bairros que obtiveram IAV ≥ 15 m²/hab no primeiro cálculo (considerando áreas de UCN), 75% deles tiveram seu índice reduzido para abaixo do parâmetro ideal da SBAU quando excluídas as áreas de UCN no cálculo, sendo consideradas nessa etapa apenas a soma das áreas de espaços livres públicos (praças, parques e jardim botânico) (Figura 19).

Os bairros de Pau-Ferro e Sítio dos Pintos, com IAV do primeiro cálculo (com UCN) igual a 24.311,12m²/hab e 198,51m²/hab, respectivamente, na etapa atual apresentam redução de 100% em seu indicador. Isso se dá devido o território dos bairros estarem inseridos em unidades de conservação da natureza, e não possuírem espaços livres públicos. Ratifica assim o que dizem os autores Lucon, Prado Filho, Sobreira (2013) e Ives *et al.* (2017), que áreas da cidade em que não existem espaços livres públicos planejados apresentam um déficit ambiental urbano, que interfere diretamente na qualidade ambiental e bem-estar da população (Figura 19).

Em conjunto com os bairros de Pau-Ferro e Sítio dos Pintos, apresentam IAV igual a zero os bairros de Coelhoos, Peixinhos, Brejo da Guabiraba, Brejo de Beberibe, Córrego do Jenipapo, Espinheiro, Mangabeira, Passarinho, Cidade Universitária, Totó, Estância, Caçote e Sancho. Estes não apresentam em seu território áreas de praça, parque ou jardim botânico (Figura 19).

Figura 19 - IAV dos espaços livres públicos de Recife (sem áreas de UCN)

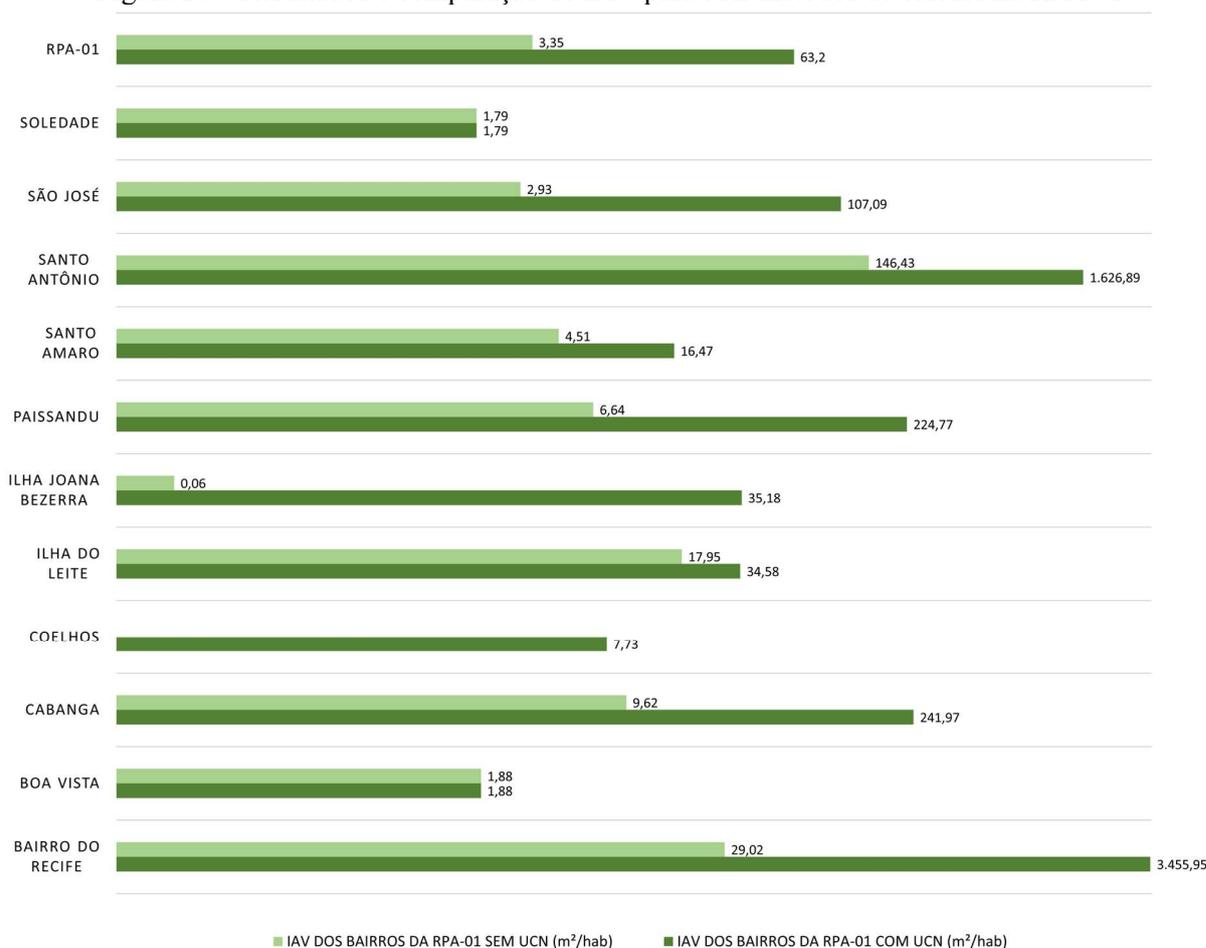


Fonte: Autora, 2024

A RPA-01 apresenta redução do valor de IAV em 10 bairros, quando comparado com os índices obtidos no cálculo apresentado anteriormente. Na RPA, apenas os bairros do Recife,

Ilha do Leite e Santo Antônio possuem IAV com índice adequado para qualidade ambiental urbana se comparado com o mínimo de 15m²/hab estabelecido pela SBAU. Os demais bairros são considerados de baixa qualidade ambiental por apresentarem índice menor que o indicado, com destaque para o bairro dos Coelhos que apresenta IAV igual a zero (Figura 20).

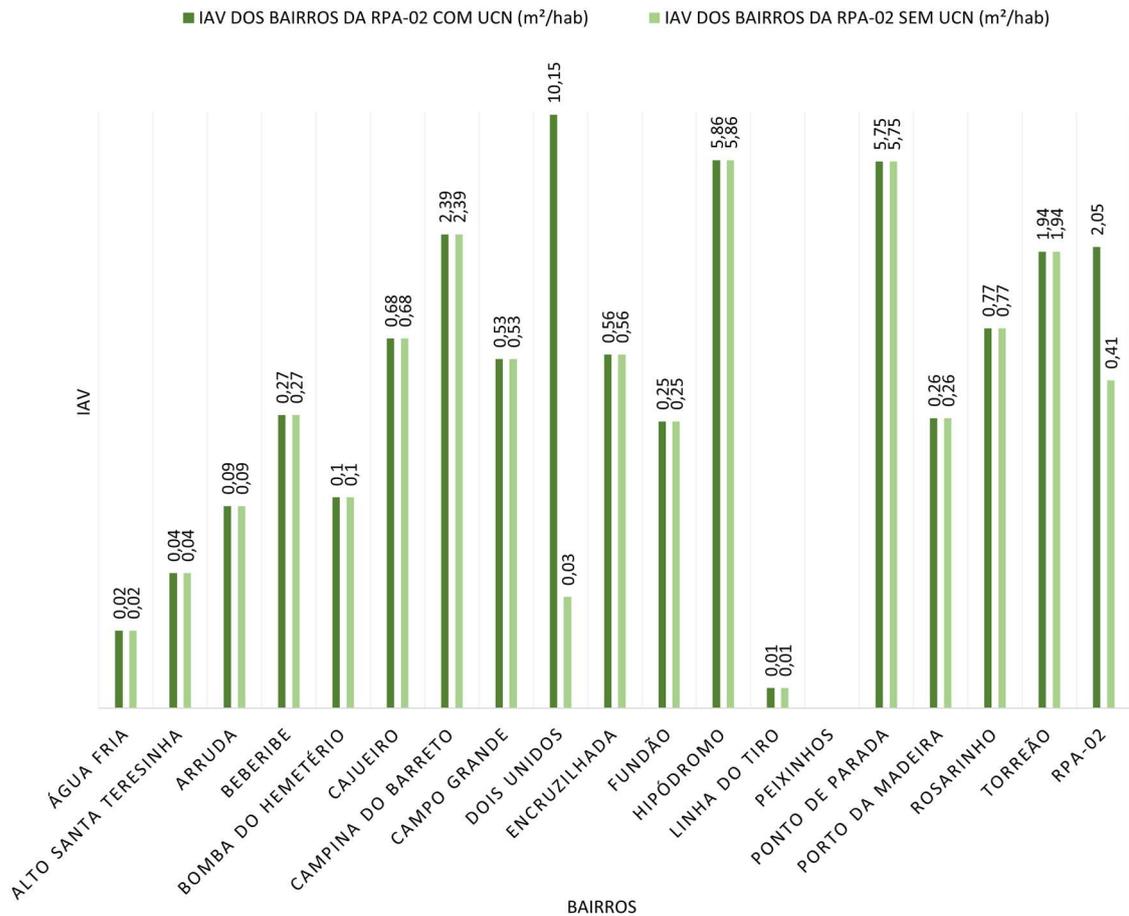
Figura 20 – Resultados e comparação do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-01



Fonte: Autora, 2024.

Na RPA-02, de acordo com as definições estudadas, todos os bairros se caracterizam por baixa qualidade ambiental urbana, pois possuem IAV abaixo de 15m² de área verde por habitante, destacando índice nulo para o bairro de Peixinhos, como já mencionado. Bem próximo ao índice nulo se configura o bairro de Linha do Tiro (Figura 21).

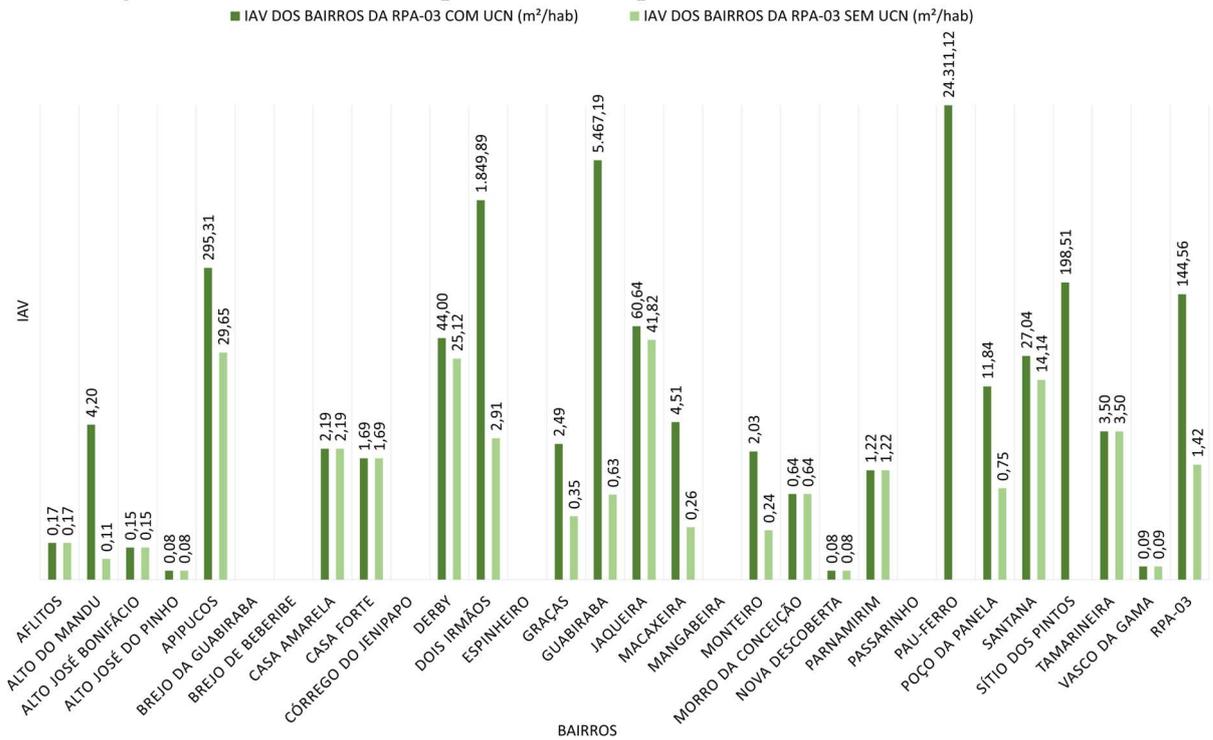
Figura 21 - Resultados e comparação do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-02



Fonte: Autora, 2024.

Para os bairros que pertencem a RPA-03, Apipucos, Jaqueira e Derby são os bairros que mantiveram IAV positivo também nesta segunda etapa de cálculo, isso se comparado ao recomendado pela SBAU. Com o resultado do IAV constata-se que 89% dos bairros desta RPA apresentam IAV abaixo do parâmetro utilizado nesta pesquisa. Dos 26 bairros com índice abaixo de 15m²/hab, 30% deles apresentam IAV igual a zero. Nesta etapa de cálculo que considera apenas os espaços livres públicos, todos os bairros da RPA-03 que apresentam território de UCN em sua extensão tiveram seu índice reduzido (Figura 22).

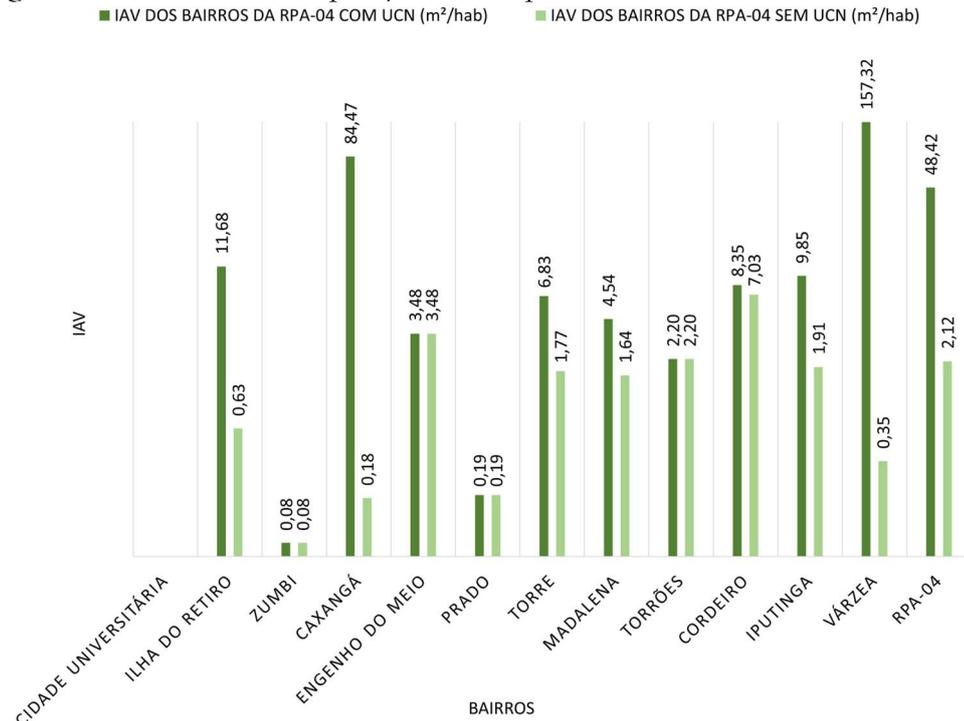
Figura 22 - Resultados e comparação do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-03



Fonte: Autora, 2024.

Todos os bairros da RPA-04 obtiveram redução em seu resultado do indicador IAV quando não considerada as áreas de UCN. O bairro do Cordeiro, dentre todos, é o que apresenta a menor redução do IAV na comparação das duas metodologias de cálculo, alterando o IAV de 10,28m²/hab para IAV igual a 8,96m² de área verde por habitante. Dos 12 bairros desta RPA, 100% apresentaram índice de área verde abaixo dos parâmetros estabelecidos pela SBAU. Nesta RPA, Cidade Universitária é o bairro com menor qualidade ambiental, de acordo com resultados do IAV igual a zero (Figura 23).

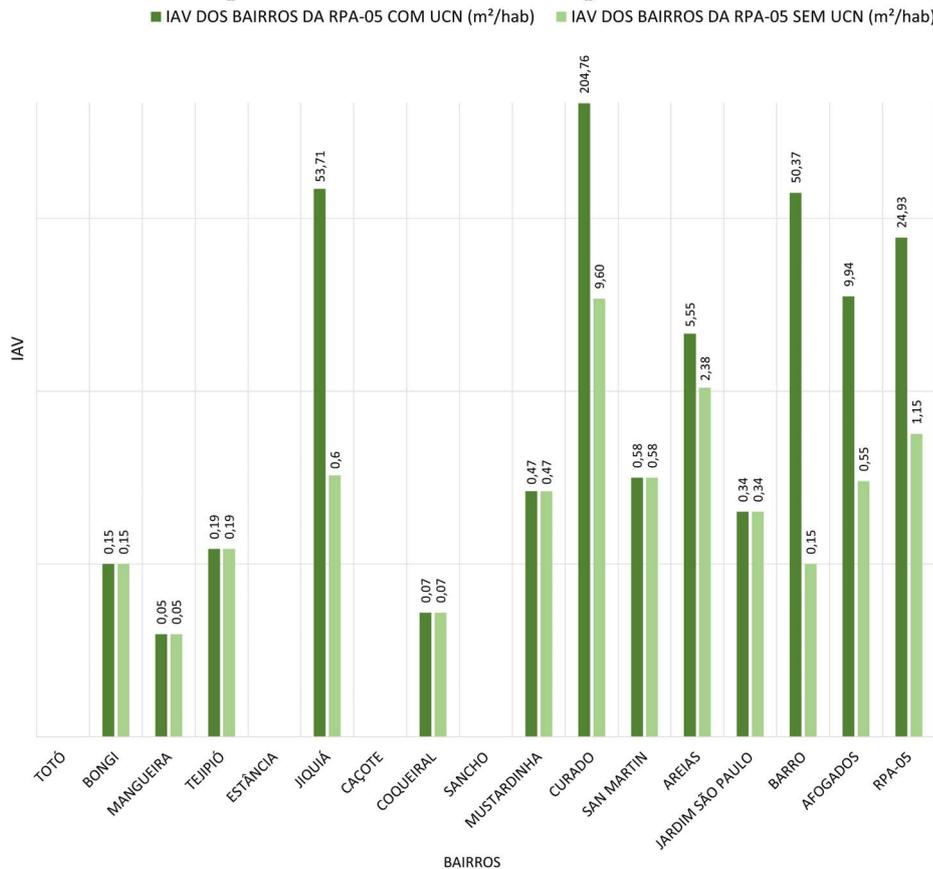
Figura 23 - Resultados e comparação do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-04



Fonte: Autora, 2024.

Dos 16 bairros da RPA-05, Curado apresenta o IAV maior, correspondente a 9,60m²/hab. Assim como o bairro do Curado, comparando as duas metodologias utilizadas para cálculo do IAV, todos os bairros apresentam redução no resultado de seu indicador (Figura 24). A configuração da RPA-05 nesta etapa de cálculo apresenta uma região com baixa qualidade ambiental, de acordo com resultados de todos os bairros abaixo do recomendado pela SBAU de 15m² de área verde por habitante. Os bairros de Estância, Caçote e Sancho se apresentam nesta RPA com os piores índices de qualidade, resultando o IAV em zero (Figura 24).

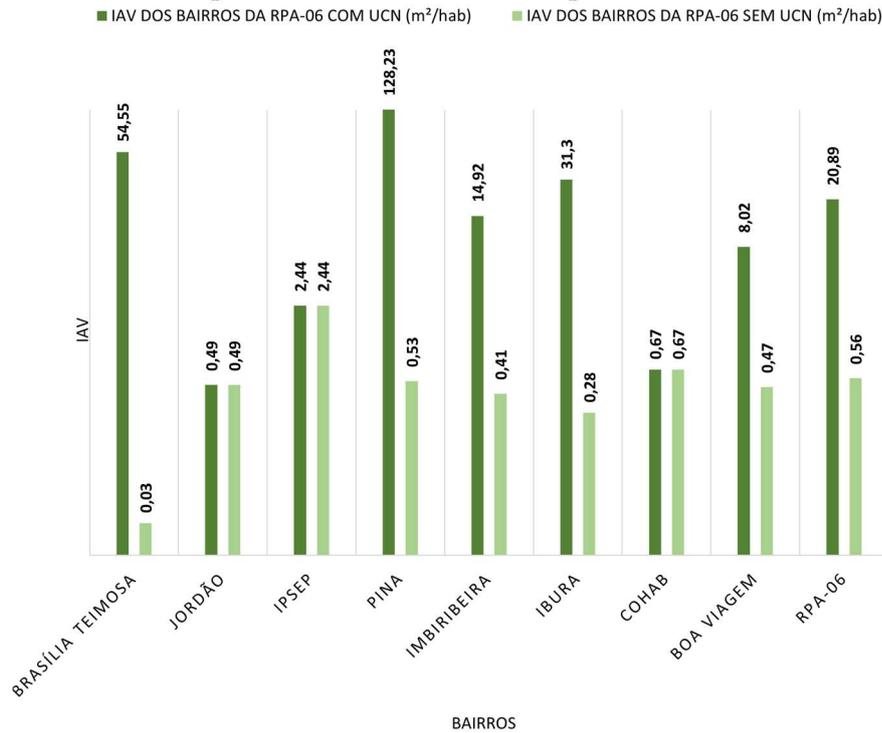
Figura 24 - Resultados e comparação de resultados do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-05



Fonte: Autora, 2024.

Com os resultados obtidos na RPA-6 observa-se que 62% dos 08 bairros possuem porção total ou parcial de unidade de conservação em seu território, ocorrendo assim uma redução nos resultados do indicador ambiental para esta etapa. Todos os bairros desta RPA são considerados de baixa qualidade ambiental para a metodologia de cálculo aplicada apenas para espaços livres públicos. 87,5% dos bairros da RPA-06 apresentam resultados próximo a zero para o IAV desta metodologia, excetuando-se apenas o bairro do Ipsep que apresenta IAV de 2,44m²/hab, muito abaixo dos resultados esperados pelo parâmetro da SBAU (Figura 25).

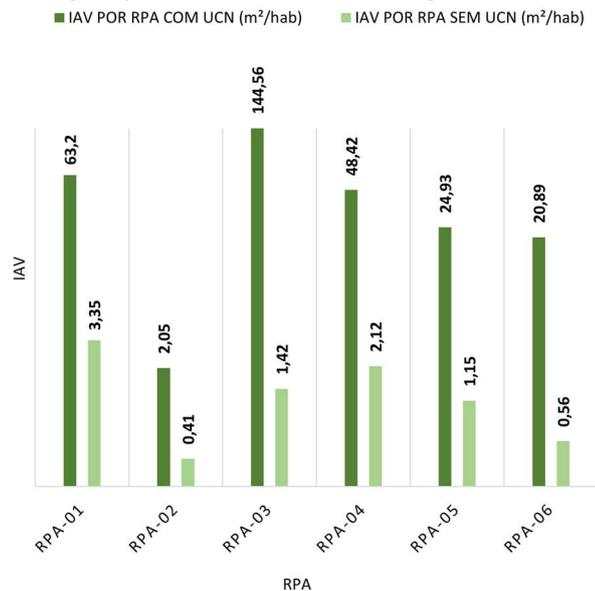
Figura 25 - Resultados e comparação de resultados do IAV para dois métodos de cálculo na RPA-06



Fonte: Autora, 2024.

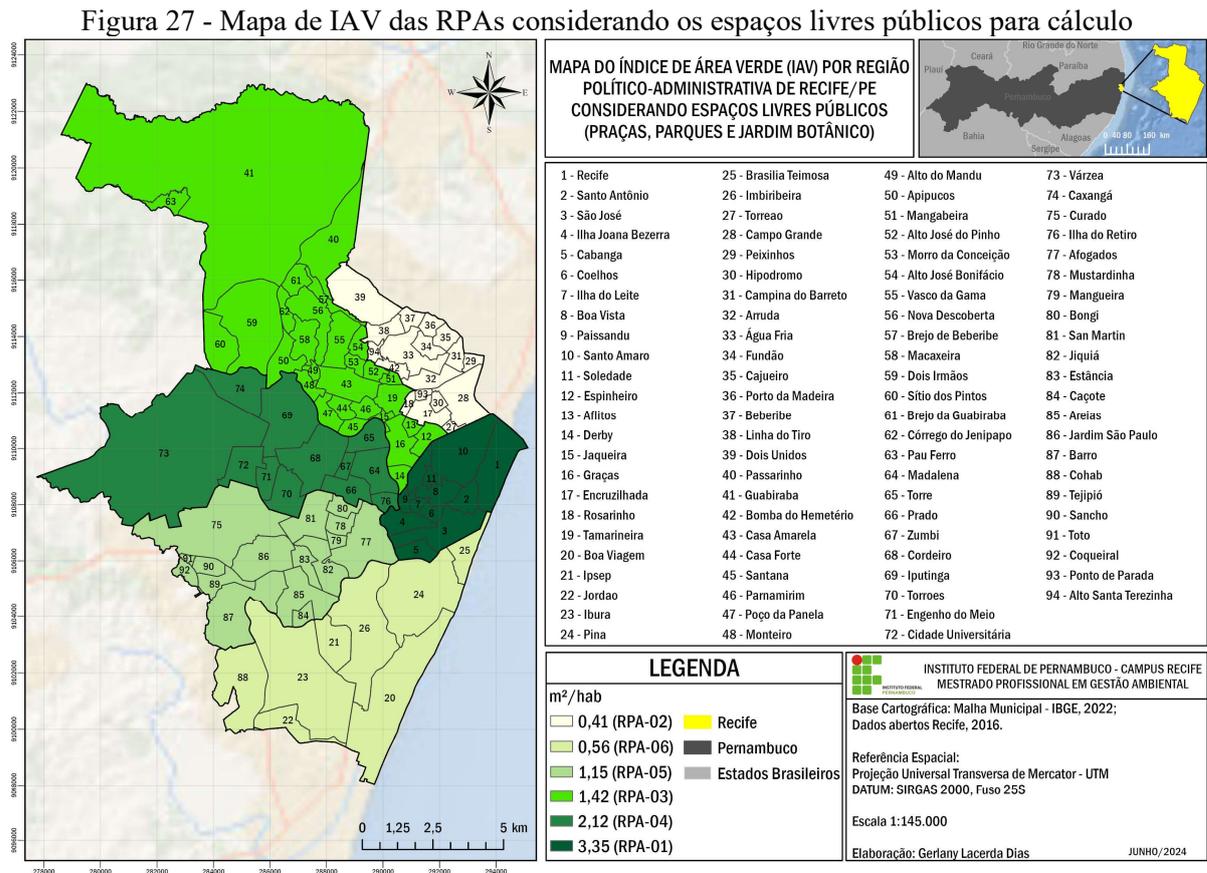
Após resultados dos bairros, é possível analisar a qualidade ambiental considerando apenas as RPAs. Todas apresentam qualidade ambiental com déficit em relação ao recomendado com o parâmetro de 15m²/hab da SBAU. As regiões tiveram redução do valor de seu indicador, sendo a RPA-02 a que detém o menor índice, com resultado de 0,41m²/hab (Figura 26).

Figura 26 - Resultados e comparação de resultados do IAV para dois métodos de cálculo nas RPAs



Fonte: Autora, 2024.

Na distribuição espacial observa-se que o maior IAV de RPA está localizado na região central da cidade do Recife, pertencendo à RPA-01, seguida da região Oeste da cidade onde se localiza a RPA-04. Os bairros das regiões Nordeste e Sudoestes da cidade apresentaram índices próximos entre eles, sendo 1,42 e 1,45m²/hab, respectivamente. As regiões Norte e Sul da cidade do Recife se destacaram com os menores resultados para o indicador ambiental, com índices de 0,56 e 0,41m²/hab (Figura 27).



Fonte: Autora, 2024.

Diante do cenário, observa-se o impacto das áreas verdes urbanas pertencentes às UCN no cálculo do IAV para os bairros de Recife e a importância de se incluir essas áreas na mensuração das áreas verdes urbanas destinadas ao lazer da população local e cálculo do indicador ambiental. Nesta etapa de cálculo, considerando apenas a soma das áreas dos espaços livres públicos, apenas 6% dos bairros apresentaram-se com IAV acima do estabelecido como índice ideal pela SBAU e utilizada na comparação dos dados desta pesquisa, caracterizando assim como regiões que possuem boa qualidade ambiental urbana, e os outros 94% de bairros apresentaram áreas com déficit de IAV e conseqüentemente baixa qualidade ambiental para as

regiões, apenas 6% dos bairros apresentaram-se com IAV acima do estabelecido como índice ideal pela SBAU e utilizada na comparação dos dados desta pesquisa, caracterizando assim como regiões que possuem boa qualidade ambiental urbana, e os outros 94% de bairros apresentam áreas com déficit de IAV e conseqüentemente baixa qualidade ambiental para as regiões.

4.4.3 Análise de desempenho do indicador ambiental IAV

Apesar de existir estudos de IAV em diferentes cidades do país, não foi encontrada na bibliografia a análise desses indicadores para que oportunizasse a comparação de dados. Assim, após cálculo dos índices de área verde para todos os bairros da cidade do Recife, foi realizada a avaliação do desempenho do indicador ambiental de qualidade urbana, descritos a seguir com comparações entre bairros da pesquisa.

Estabelecidos os valores-alvo de acordo com parâmetro trabalhados na revisão de bibliografia e discussão de resultados, a análise de desempenho foi realizada considerando resultado de IAV para soma de áreas livres públicas e IAV para soma de áreas livres públicas e áreas de UCN. Os limiares estabelecidos foram distribuídos no mapeamento apresentado na Figura 28.

O indicador com desempenho considerado ótimo está distribuído entre as RPAs 01, 03, 04, 05 e 06, abrangendo 25% dos bairros da cidade, apresentando limiar verde, cujo resultado de IAV constou igual ou superior a $15,01\text{m}^2/\text{hab}$ (Figura 28).

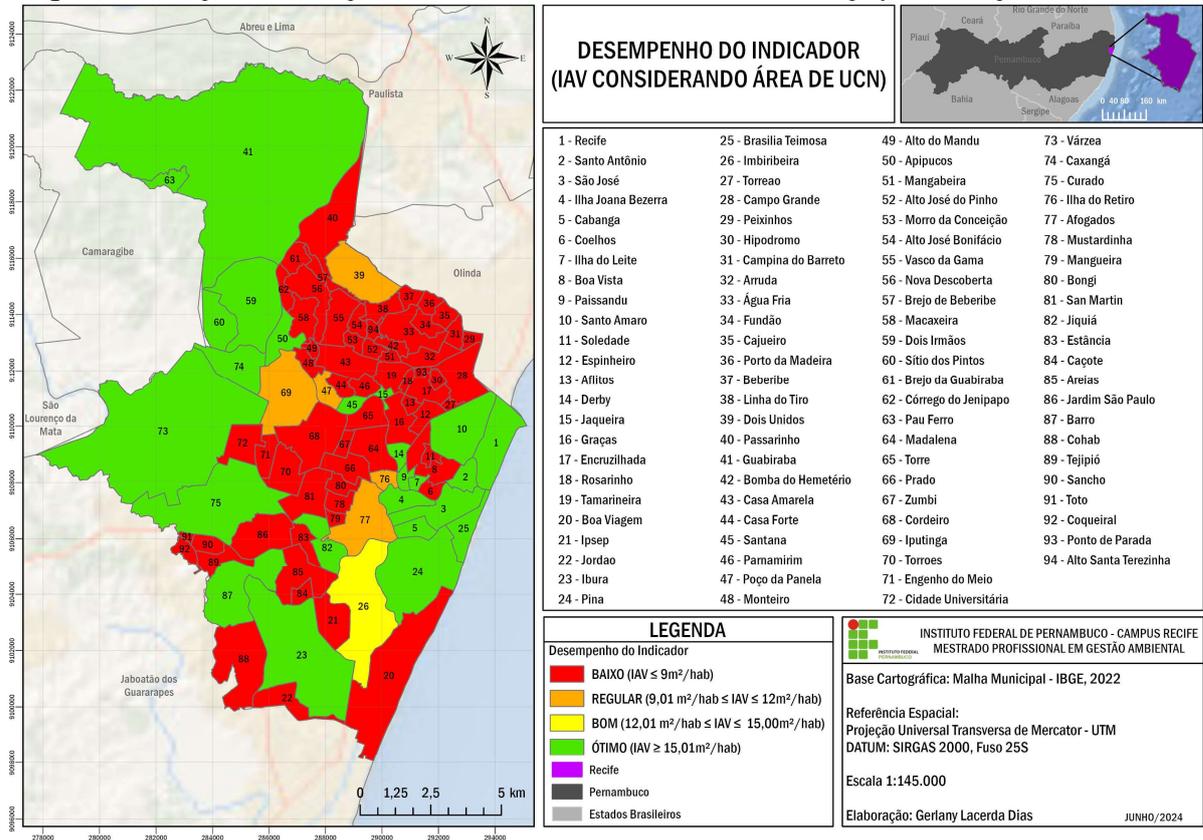
O bairro da Imbiribeira é o único considerado com um bom desempenho do indicador na região. O limiar deste indicador apresenta-se na cor amarela, estabelecido para IAV maior ou igual a $12,01\text{m}^2/\text{hab}$ e menor que $15\text{m}^2/\text{hab}$, sendo resultado do IAV da Imbiribeira igual a $14,92\text{m}^2/\text{hab}$, muito próximo para atingir o valor de ser considerado um ótimo desempenho para o indicador (Figura 28).

Com limiar na cor laranja, que considera valor-alvo do IAV maior que $9\text{m}^2/\text{hab}$ e menor ou igual a $12\text{m}^2/\text{hab}$, resultaram como desempenho regular do indicador os bairros de Dois Unidos, Poço da Panela, Iputinga, Ilha do Retiro e Afogados, distribuídos entre as RPAs 02, 03, 04 e 05 (Figura 28).

Como resultado de desempenho baixo para o indicador, 68% dos bairros da cidade apresentam limiar na cor vermelha com valores do indicador menor que $9\text{m}^2/\text{hab}$. Todas as RPAs apresentam bairros com desempenho do indicador considerado baixo. A maior concentração de bairros com desempenho do indicador baixo e IAV menor que 9m^2 de área

verde por habitantes encontra-se nas RPAs 02 e 03, correspondendo a 37% dos bairros, o que ratifica o apresentado no cálculo do IAV e dos bairros pertencerem em áreas de urbanização em morros da cidade, com poucas áreas destinadas a espaços livres públicos e UCN (Figura 28).

Figura 28 - Mapa de desempenho do indicador - IAV considerando espaços livres públicos e UCN



Fonte: Autora, 2024.

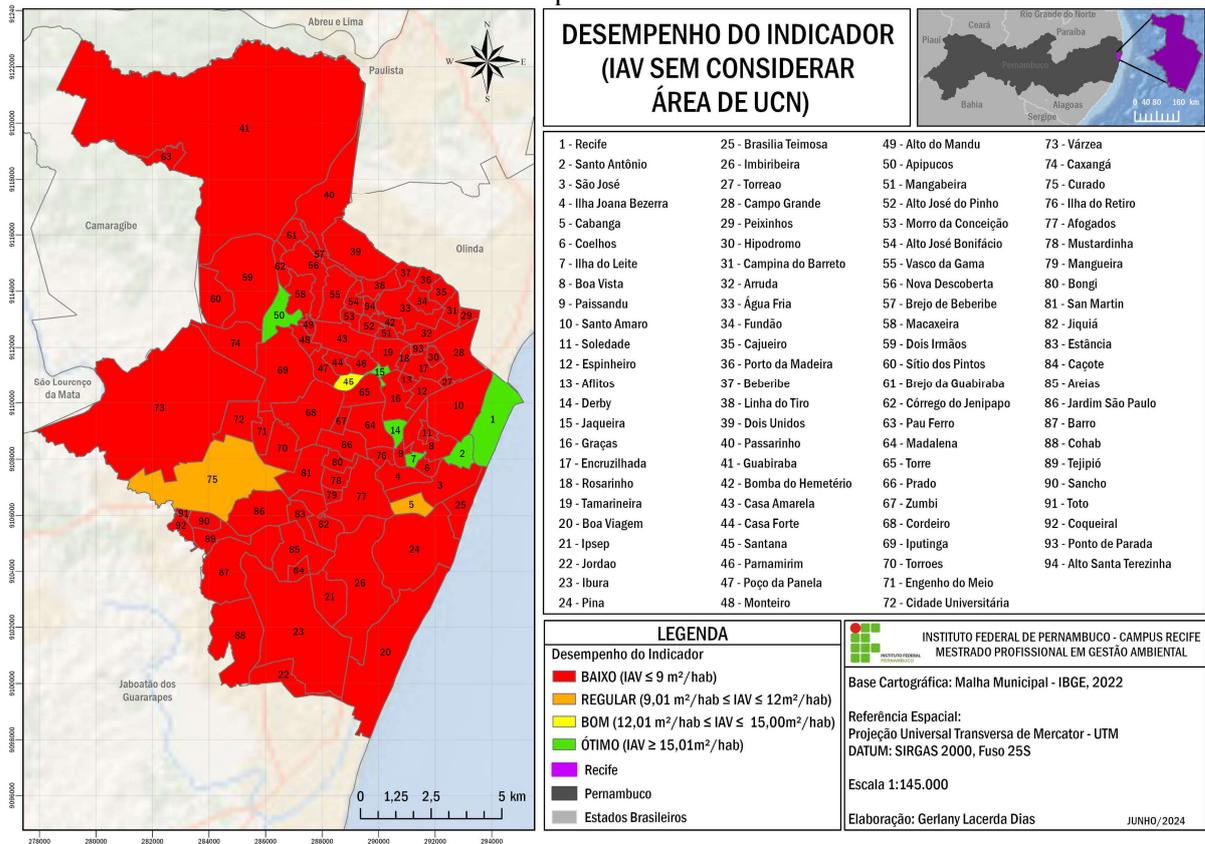
Apresenta-se na Figura 29 o mapeamento dos resultados do desempenho do indicador realizado considerando cálculo do IAV para soma de áreas livres públicas dividido pela população do bairro. Observa-se o aumento expressivo do desempenho do indicador considerado baixo, totalizando 90% dos bairros com desempenho do indicador com situação baixa para índice de área verde. Esse baixo resultado está diretamente relacionado ao aumento de bairros com IAV menor ou igual a 9m²/hab após cálculo considerando a soma das áreas de espaços livres públicos e excluindo da análise a soma das áreas verdes urbanas correspondentes as UCNs (Figura 29).

Com resultado regular de desempenho para índice de área verde maior ou igual a 9,01m² de área verde por habitante e menor ou igual a 12m²/hab estão relacionados os bairros de Cabanga e Curado, situados na RPA 01 e 05 respectivamente. O bairro de Santana é o único bairro que apresenta desempenho do indicador em situação boa para o índice de área verde,

considerando IAV maior ou igual a 12,01m²/hab e menor ou igual a 15m²/hab (Figura 29).

Para o cálculo do IAV considerando a soma de áreas livres públicas dividido pela população do bairro, apenas 6,38% dos bairros da cidade se apresentam com desempenho do indicador com situação ótima, representando 06 bairros que apresentam o IAV maior ou igual a 15,01m²/hab (Figura 29).

Figura 29 - Mapa de desempenho do indicador IAV considerando soma de áreas dos espaços livres públicos



Fonte: Autora, 2024.

As observações quanto ao cálculo do IAV com e sem considerar as UCN podem ser resumidas da seguinte forma:

Análise do IAV considerando as UCN:

- Para a análise de toda a cidade do Recife, o indicador atende ao mínimo estabelecido pela SBAU, ficando estabelecido 51 m² de área verde por habitante.
- Para a análise do indicador bairro a bairro, vinte e quatro bairros apresentaram o indicador igual ou maior que o mínimo estabelecido pela SBAU, atendendo a qualidade ambiental da região.
- Setenta bairros se configuram com resultados do indicador menores que 15m²/hab, sendo assim 70 bairros com baixa qualidade ambiental urbana.

- A maior concentração de bairros que não atende ao mínimo estabelecido para o resultado do IAV encontra-se nas RPA-02 e RPA-03. A RPA-02 não apresenta bairro com indicador mínimo que caracterize uma boa qualidade ambiental.
- A RPA-01 tem maior percentual de bairros com resultados positivos para análise de qualidade ambiental, atendendo ao mínimo ou mais que 15m² de área verde por habitantes, o equivalente 72% dos bairros ou oito bairros dos onze da RPA.
- A análise por RPA resulta que a RPA-03 apresenta maior resultado do IAV, totalizando 144,56m² de área verde por habitante. O menor resultado do indicador encontra-se na RPA-02, totalizando 2,05m² de área verde por habitante.

Análise do IAV sem considerar as UCN:

- O IAV de Recife reduz em 97% do resultado anterior, sendo o total de 1,33 m² de área verde por habitante, não atendendo ao mínimo de 15m²/hab estabelecido pela SBAU.
- Mais de 90% dos bairros apresentam-se com resultado do indicador inferior a 15m²/hab, totalizando 88 bairros, não apresentam assim uma boa qualidade ambiental urbana.
- 17% dos bairros apresentaram IAV igual a zero, conclui-se a carência de um melhor planejamento e gestão para a distribuição desses espaços no território da cidade.
- Assim como na metodologia anterior, a RPA-02 não apresenta bairro com indicador mínimo estabelecido pela SBAU. Sendo essa uma análise que sugere a baixa qualidade ambiental que pode impactar na qualidade de vida dos moradores dessa região.
- A análise por RPA indicou que todas as RPAs apresentaram IAV abaixo do mínimo estabelecido como parâmetro, sendo a RPA-01 com maior resultado para o indicador (3,35m²/hab).

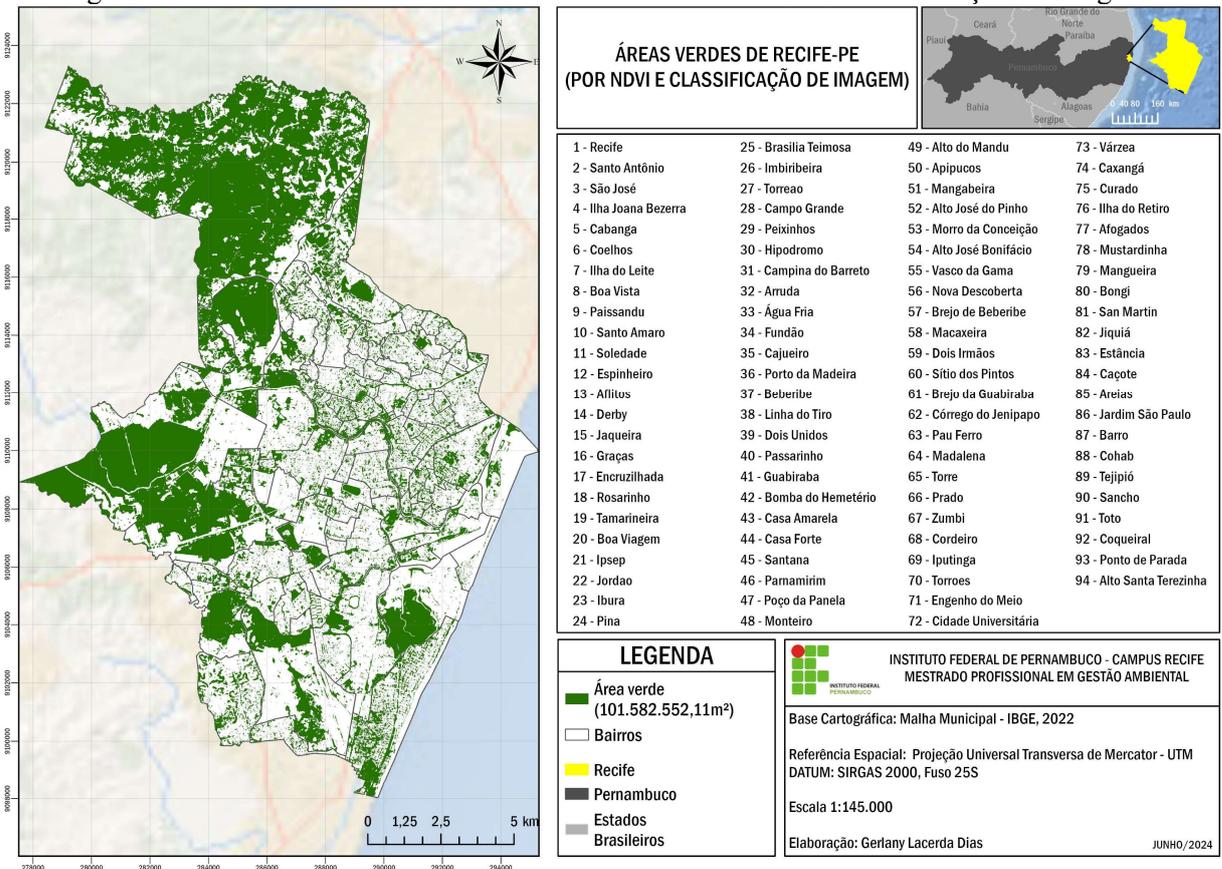
4.5 COBERTURA VEGETAL – NDVI E CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM

Antes de apresentar o indicador ambiental PAV para os bairros de Recife, fez-se necessário para o cálculo obter as áreas verdes urbanas da cidade, considerando a cobertura vegetal arbórea, arbustiva, e rasteira, que estão presentes em áreas públicas ou particulares, em UCNs, nos canteiros centrais, parques, praças e jardim botânico, equipamentos públicos, nos jardins institucionais, e em terrenos sem edificações.

Foi realizado mapeamento da área verde urbana da cidade, apresentado na Figura 30,

que resultou em um total de 101.582.552,11m². Essa é uma das variáveis utilizada para a realização do cálculo de percentual de área verde. Nos resultados, a RPA-03 que abriga o bairro da Guabiraba e UCN Beberibe representa a maior concentração de área verde da cidade. A segunda maior concentração é identificada na RPA-04, nos bairros da Várzea e Curado. Algumas manchas que representam a vegetação são identificadas mais espaçadamente nas RPAs 02 e 05, conforme se observa na Figura 30, áreas com baixo quantitativo de áreas livres e verdes urbanos na cidade.

Figura 30 – Área verde urbana de Recife obtida através de NDVI e classificação de imagem



Fonte: Autora, 2024.

4.6 PERCENTUAL DE ÁREA VERDE

4.6.1 Cálculo do PAV para os bairros de Recife-PE

Foi realizado por cada bairro o cálculo do PAV como análise de mais um indicador de qualidade ambiental a partir da soma de todas as áreas verdes urbanas pela área do bairro correspondente. Com os resultados, elaborou-se um mapeamento para espacialização e melhor

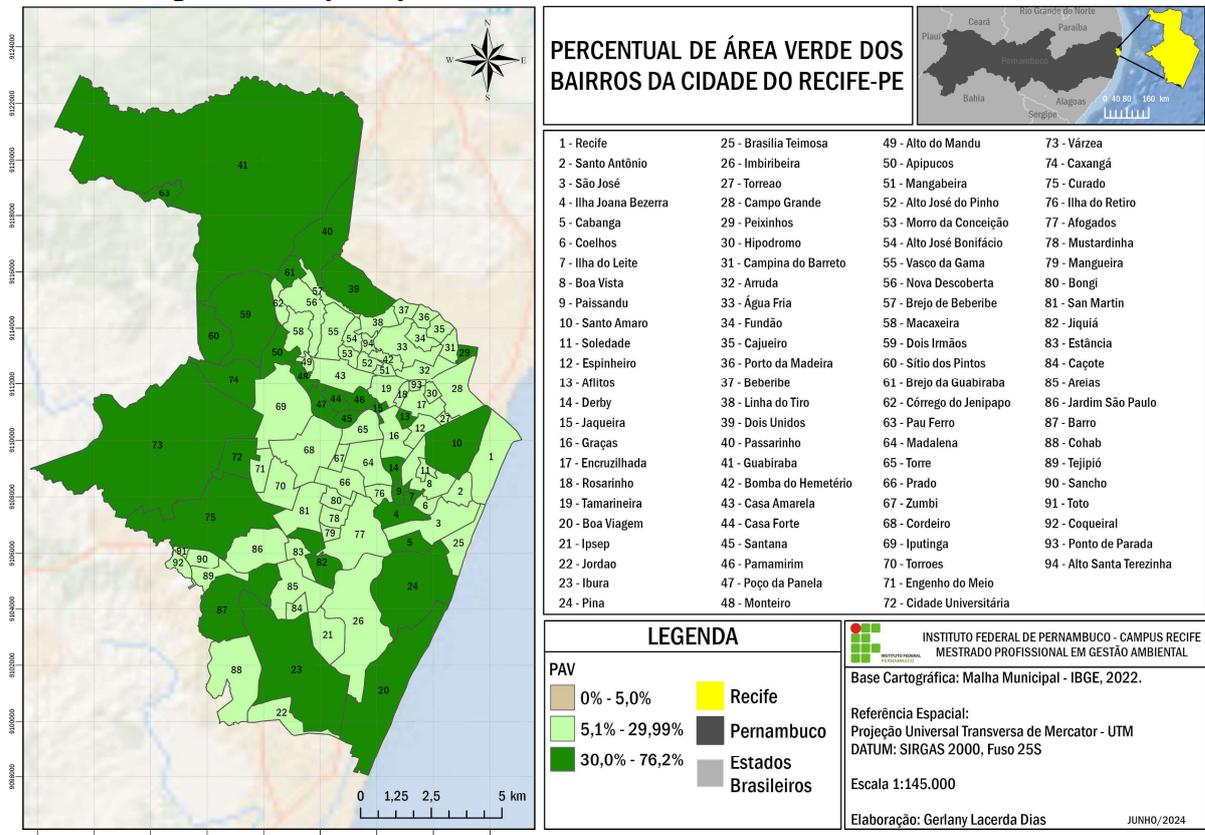
interpretação e compreensão dos dados no território de Recife (Figura 31).

Considerando toda extensão territorial da cidade, Recife apresenta um percentual de área verde de 6,12%, percentual com parâmetro muito abaixo do valor satisfatório mencionado e utilizado na pesquisa de Rodrigues e Luz (2019), os autores consideram área de deserto florístico aquelas com percentual menores que 5%, índice não encontrado nos resultados dos bairros da cidade do Recife (Figura 31).

Com percentual de área verde considerado satisfatório, os bairros com resultados igual ou maior que 30% representam 32,97% dos bairros da cidade, total de 31 bairros com PAV que variam entre 30,16% e 76,17% de área verde (Figura 31). A maioria dos bairros da cidade não atendem ao parâmetro mínimo de 30% de área verde para a região, sendo Brasília Teimosa o representado de bairro com menor PAV com resultado de 7,3% de área verde para a região.

A maior concentração de bairros com PAV igual ou superior a 30% está localizada na RPA-03, totalizando 15 bairros ou 48,3% dos bairros com PAV igual ou maior que o recomendado.

Figura 31 - Mapa do percentual de área verde dos bairros da cidade do Recife



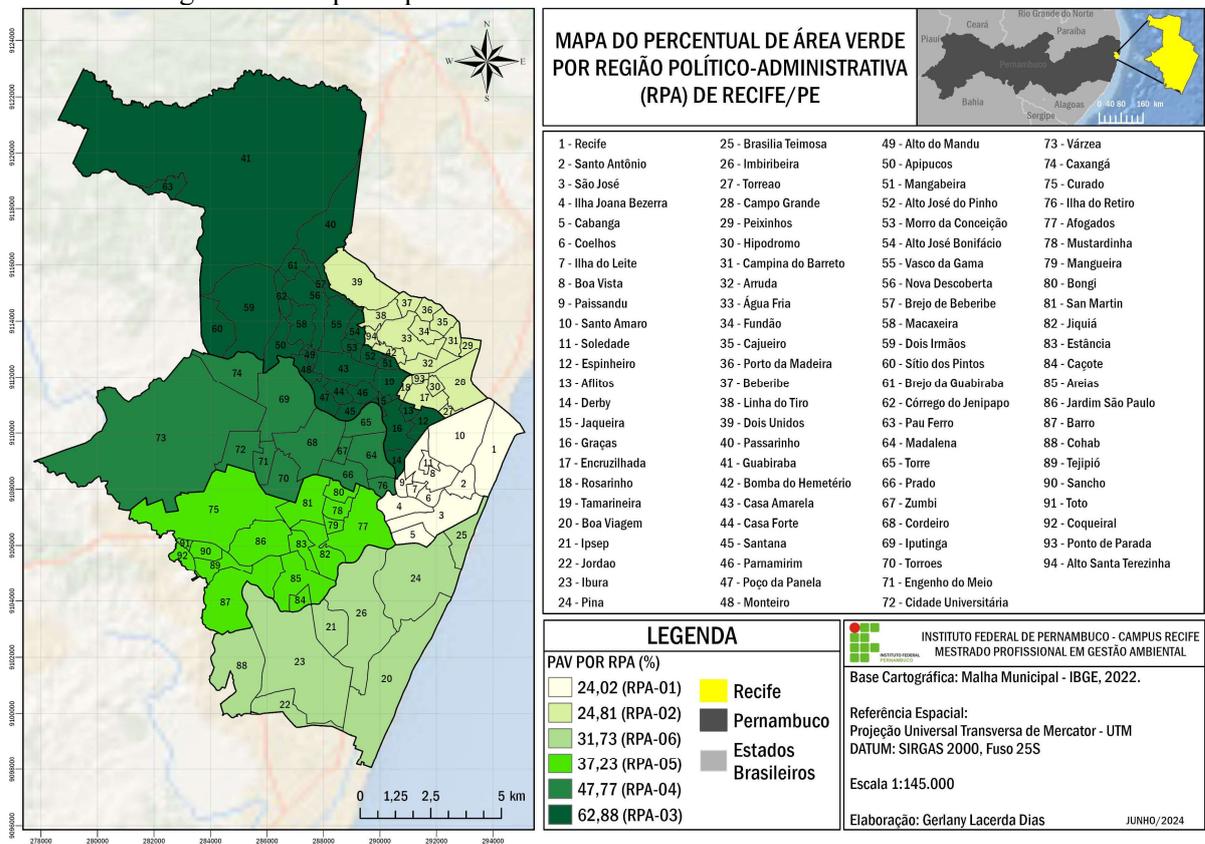
Fonte: Autora, 2024.

Para a análise por RPA, o mapeamento foi realizado conforme apresentado na Figura

32. Nas Regiões Político-Administrativas os valores de PAV variam de 24,02% a 62,88%, sendo este maior percentual relacionado a RPA-03 que concentra a maior área verde urbana da cidade com total de 49.615.347,98m². O segundo maior valor de PAV, com total de 47,77%, está relacionado para a RPA-04, que apresenta 03 bairros com PAV maior ou igual ao valor recomendado de 30% (Figura 32).

As RPAs com valores mais críticos de PAV são RPA-01 (24,02%) e RPA-02 (24,81). Nestas regiões se concentram 07 bairros com PAVs considerados com valores satisfatórios, conforme Rodrigues e Luz (2019), que variam entre 30,98% e 37,32% (Figura 32).

Figura 32 - Mapa do percentual de área verde das RPAs da cidade do Recife



Fonte: Autora, 2024.

4.6.2 Análise de desempenho do indicador ambiental PAV

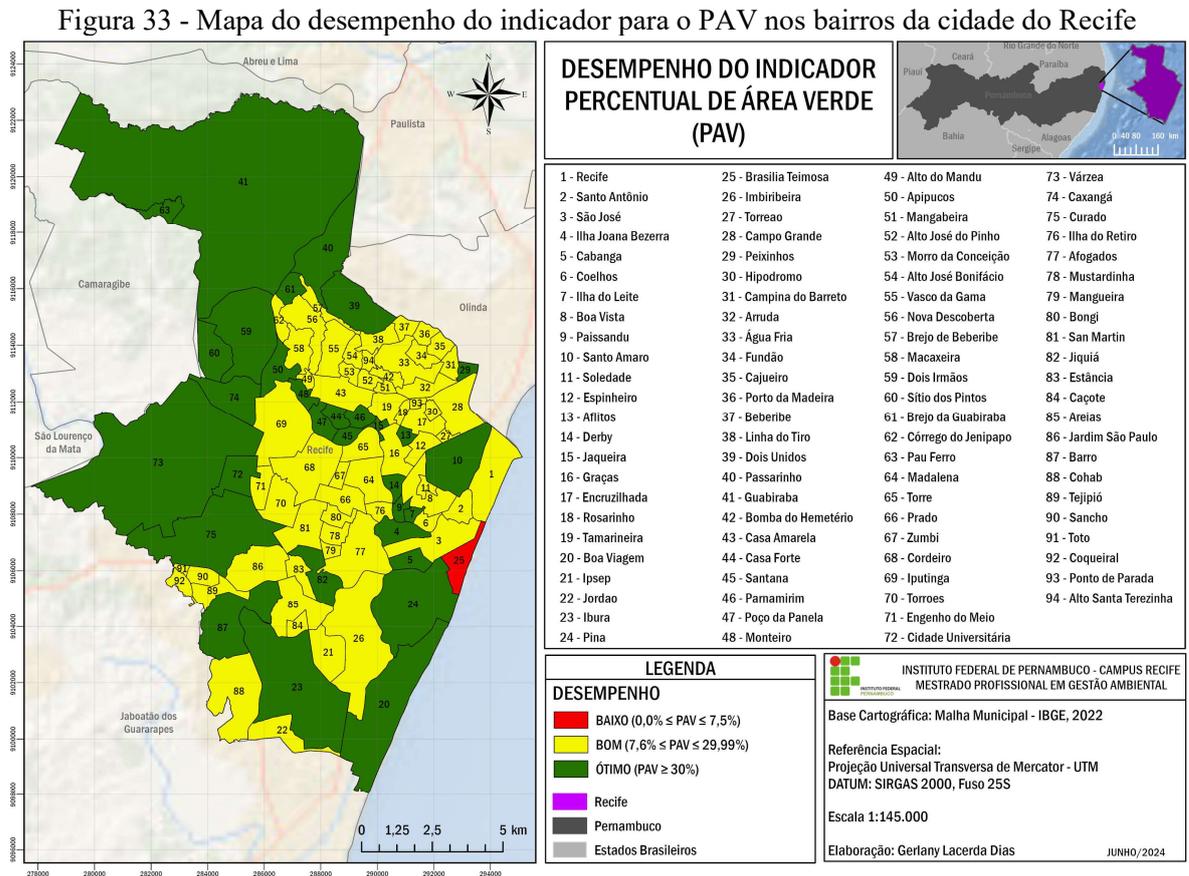
Estabelecidos os valores-alvo de acordo com parâmetro trabalhados na revisão de bibliografia e discussão de resultados, a análise de desempenho foi realizada considerando resultado do PAV para soma de toda área verde urbana dividida pela área de estudo. Os limiares estabelecidos foram distribuídos no mapeamento apresentado na Figura 33.

O resultado do desempenho do indicador considerado ótimo se assemelha aos resultados

no mapeamento do PAV com bairros que apresentam índice igual ou maior que 30% de área verde para o bairro. Os bairros com desempenho ótimo se encontram em todas as RPAs, com maior concentração na RPA-03 (Figura 33).

Os bairros com desempenho do indicador analisado como bom possuem PAV maior ou igual que 7,6% e menor ou igual que 29,99%, resultando em maior representatividade que corresponde a 65% dos bairros da cidade. Todas as RPAs apresentam bairros com desempenho do indicador analisado como bom, variando entre 9,68% e 29,94% de área verde para a região (Figura 33).

Quanto a análise de desempenho do indicador para PAV menores que 7,5%, apenas o bairro de Brasília Teimosa foi mapeado com desempenho baixo, sendo esse o índice menor atingir dentre os 94 bairros da cidade (Figura 33).



Fonte: Autora, 2024.

As observações quanto ao cálculo do PAV podem ser resumidas da seguinte forma:

- 31 bairros ou 32,9% apresentaram valores mínimos de acordo com o parâmetro estabelecido, apresentando nessas regiões boa qualidade ambiental. A maior concentração desses bairros encontra-se na RPA-03.

- 63 bairros ou 67% apresentaram resultados abaixo do parâmetro mínimo estabelecido na pesquisa, analisando assim áreas com baixa qualidade ambiental.
- Por RPA, a RPA-03 mais uma vez apresentou boa qualidade ambiental urbana de acordo com resultado do indicador (62,88%).
- Com a utilização do PAV nenhum bairro apresentou indicador igual a zero, pois todas as regiões possuem algum tipo de vegetação, por mínima que seja, e que contribui para a qualidade ambiental e de vida da população da região.

4.7 ELABORAÇÃO DE PAINEL DINÂMICO

4.7.1 Logomarca do projeto

Com o uso da IA foram obtidas diferentes imagens para apresentar a expressão sugerida, sendo estabelecida como logomarca do projeto e utilizada na página web do *dashboard* e da aplicação *web* a imagem apresentada na Figura 34.

Figura 34 - Logomarca criada com IA para pesquisa



Fonte: Autora, 2023.

4.7.2 Painel dinâmico com resultado dos indicadores para Recife (*Dashboard*)

Para resumo dos resultados foi elaborado um painel dinâmico com resultado dos indicadores em Recife (*Dashboard*). A tela inicial apresenta layout e elementos inseridos no painel, sendo escolhida o tema escuro como layout e a configuração de plano de fundo para cor preta, e borda da guia para cor cinza escuro, para melhor contraste e destaque na apresentação dos dados (Figura 35).

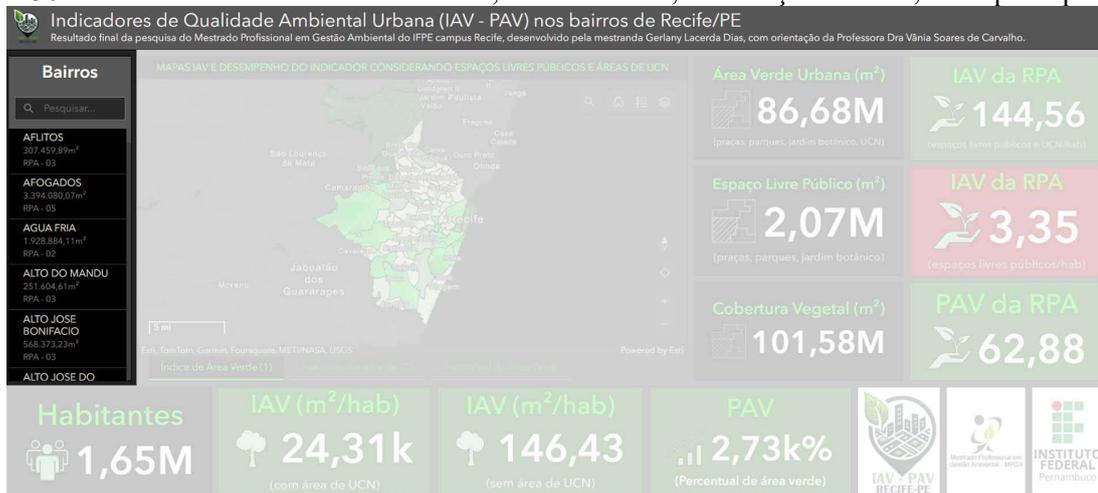
Figura 35 - Painel dinâmico de visualização dos dados IAV e PAV desenvolvido como produto



Fonte: Autora, 2024.

No cabeçalho constam a logomarca do projeto, título do painel, nome da mestranda e professora responsável pela orientação da pesquisa. Para escolha de dados por bairro, o usuário acessa o campo de pesquisa ou a barra de rolagem do elemento lista adicionado no lado esquerdo da tela (Figura 36).

Figura 36 - Lista constando o nome dos bairros, área territorial, localização da RPA, e campo de pesquisa



Fonte: Autora, 2024.

Na área central do painel dinâmico foram adicionados os mapas elaborados no *map viewer* e ArcGIS Pro, Mapas dos IAVs e PAV. Na configuração dos mapas encontram-se elementos informativos e de interação (*widget*) disponibilizados pelo sistema, tais como: barra de escala em linha, camadas, visualização inicial e marcadores, legenda do mapa, barra pesquisar, bússola, encontrar meu local, e a escolha de mais ou menos zoom (Figura 37). No *widget* camada é possível visualizar o mapa da análise de desempenho dos indicadores para

IAV e para PAV. Os mapas estão empilhados e disponíveis para navegação e visualização, onde o nome do mapa ativo em tela aparece em maior evidência que as demais nomenclaturas.

Figura 37 - Localização dos mapas no painel dinâmico de informações dos indicadores



Fonte: Autora, 2024.

O elemento indicador foi adicionado 10 vezes no painel, 06 localizados ao lado direito da tela e 04 em linha inferior abaixo do mapa (Figura 38).

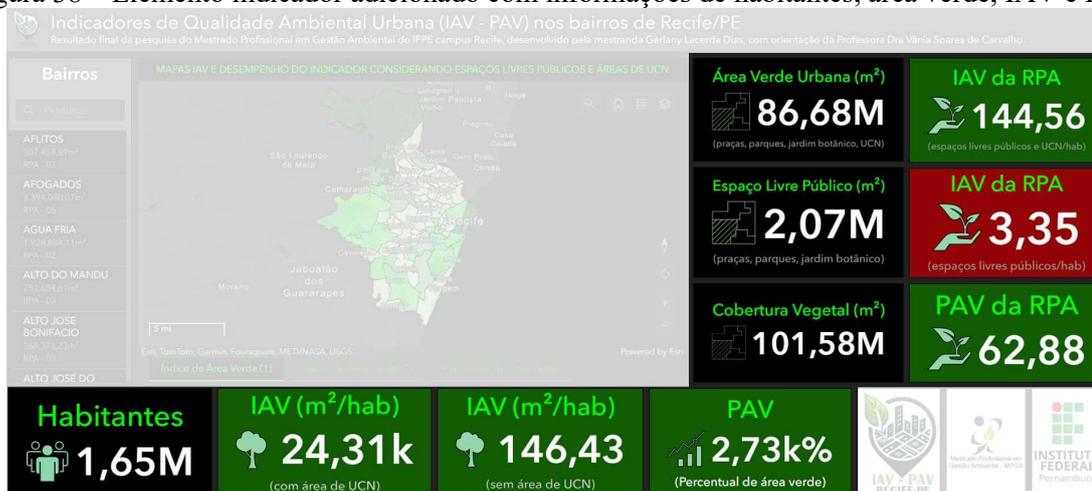
Os elementos à direita estão apresentando as seguintes informações: área verde urbana em m² (praças, parques, jardim botânico e UCN), área de espaço livre público em m² (praças, parques e jardim botânico), cobertura vegetal em m² (por NDVI), IAV da RPA com a soma das áreas de espaços livres públicos e outro com a soma só das áreas de espaços livres públicos e por fim o indicador que apresenta o valor do PAV por RPA (Figura 38). São filtrados, modificando suas informações, nas seguintes situações: quando selecionada uma camada de bairro no mapa em tela, ou quando selecionado bairro a partir da lista disposta ao lado esquerdo da tela.

Aos elementos da parte inferior da tela, estão adicionadas as informações de habitantes, IAV (m²/hab) considerando áreas de UCN, IAV (m²/hab) sem considerar as áreas de UCN, e PAV. Para o elemento em que estão apresentados os resultados de IAV e PAV, por bairro ou RPA, as cores são modificadas de acordo com configuração condicional de referência. Para o IAV, se apresentado for maior que 15 a informação aparece com plano de fundo na cor verde. Quando o IAV apresentar valor menor 15 o plano de fundo é em cor vermelha. Para PAV, muda apenas o valor de 15 para 30, e as informações ficam com a mesma configuração de cor.

Esses elementos identificados como indicador são filtrados, modificando suas informações, nas seguintes situações: quando selecionada uma camada de bairro no mapa em tela, quando alterado o zoom de visualização do mapa em tela, ou quando selecionado bairro a

partir da lista disposta ao lado esquerdo da tela.

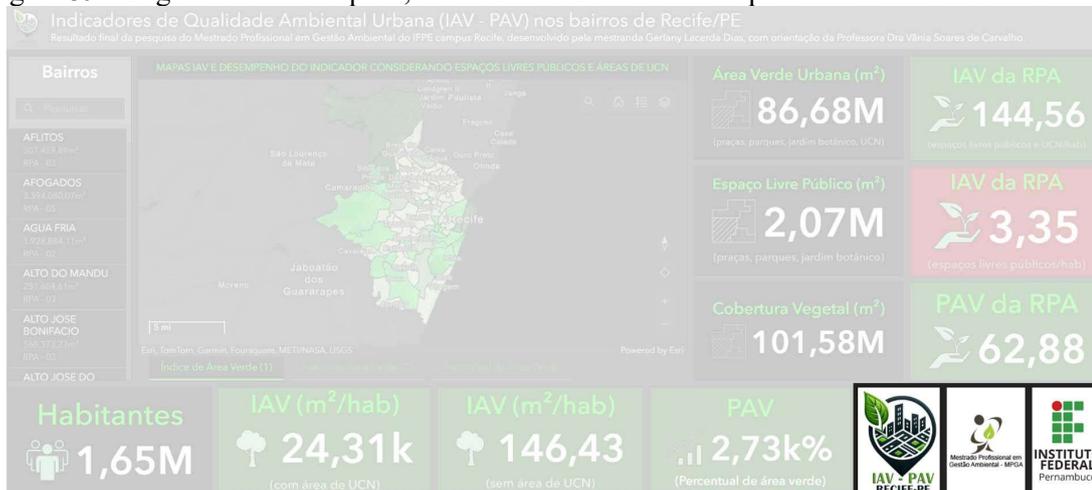
Figura 38 – Elemento indicador adicionado com informações de habitantes, área verde, IAV e PAV



Fonte: Autora, 2024.

Por fim, no canto inferior esquerdo da tela do *dashboard*, é possível visualizar as logomarcas da pesquisa, MPGA e IFPE a partir do elemento conteúdo embutido (Figura 39).

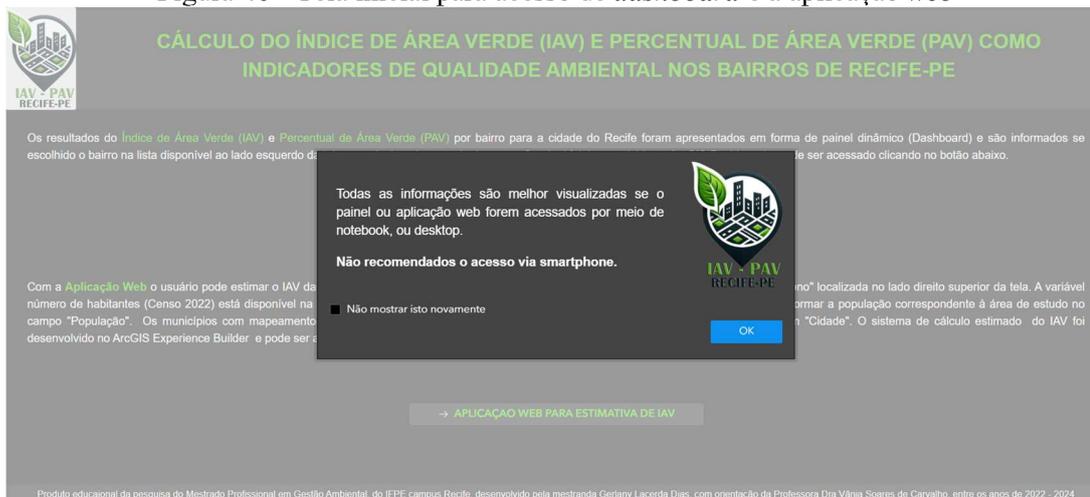
Figura 39 - Logomarca da Pesquisa, MPGA e IFPE inseridas no painel como conteúdo embutido



Fonte: Autora, 2024.

Uma página inicial foi elaborada no *ArcGIS Experience Builder*, com informações sobre a melhor plataforma para acesso e visualização dos dados (Figura 40). Na página foram indicados dois botões de acesso, um para o *dashboard* e outro para aplicação web, que podem ser acessados através do link <https://experience.arcgis.com/experience/2c467b28d5ec4d8da490d0ed78027c40/>

Figura 40 - Tela inicial para acesso de *dashboard* e a aplicação *web*



Fonte: Autora, 2024.

4.8. PROPOSTA DE APLICAÇÃO *WEB* PARA ESTIMATIVA DO IAV

4.8.1 Elaboração da aplicação *web* para estimativa do IAV

O sistema de IAV desenvolvido resultou em uma aplicação *web* em que o usuário pode realizar o cálculo do IAV a partir da soma das áreas verdes e população da área de estudo. No mapa desenvolvido para mapa base é possível ver a delimitação das cidades de Recife, Abreu e Lima, Araçoiaba, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, e São Lourenço da Mata, escolhidas como áreas da RMR para destaque e utilização no sistema.

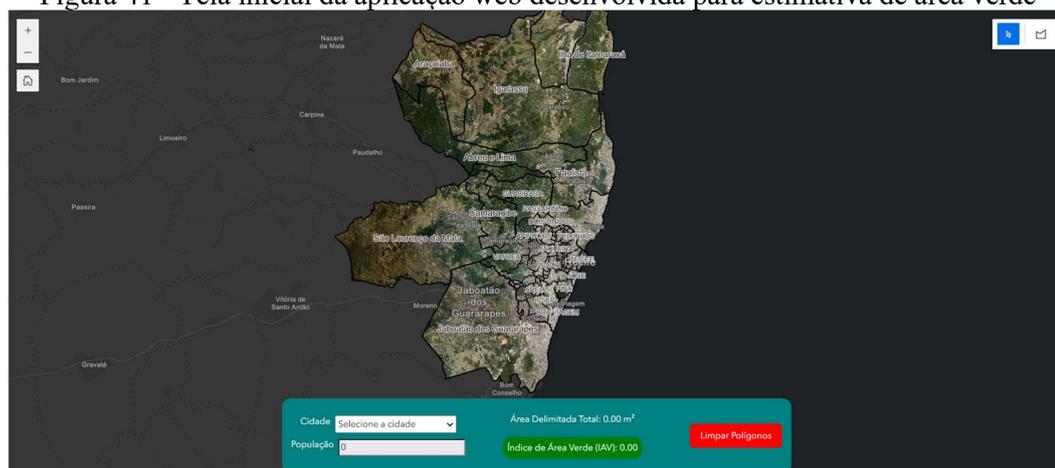
Os requisitos da aplicação foram descritos na metodologia, sendo como resultado 6 RF's e 1 RNF, sendo os funcionais a busca por município, delimitar polígono de área verde, soma de áreas verdes, cálculo do IAV, armazenar população dos municípios e exibir resultados, e por fim o requisito não funcional resultou em clareza de delimitações registradas.

Para a delimitação das áreas verdes na aplicação, o RF denominado Delimitar Polígono de Área Verde utiliza como base a ferramenta de desenho nativa ao AEB, sendo obtido como resultado a área em m². O RF denominado Soma de Áreas Verdes utiliza os valores obtidos pelo polígono delimitado pelo usuário através da ferramenta de desenho, para posteriormente ser realizado o cálculo do IAV.

Além de poder estimar o IAV total dessas cidades, o usuário pode estimar o m² de área verde por habitante de qualquer área da cidade escolhida, desde que saiba a população residente da área delimitada para coleta dos dados a partir das poligonais desenhadas.

Sobre a visualização final da aplicação *web*, apresenta-se no canto superior direito da tela o ícone para delimitação das poligonais, e na parte inferior está apresentada a calculadora do IAV, em que as poligonais são somadas. A população das cidades delimitadas está disponível para o Censo 2022, porém, caso o usuário queira realizar a estimativa de uma área menor, este pode informar o dado de habitantes no campo “população” (Figura 41).

Figura 41 - Tela inicial da aplicação web desenvolvida para estimativa de área verde



Fonte: Autora, 2024.

A aplicação *web* pode ser acessada através do mesmo link da página inicial elaborada no ArcGIS *Experience Builder*. O segundo botão disponível na página corresponde ao acesso do sistema para estimativa de IAV. *Dashboard* e Aplicação *Web* podem ser acessados através do link <https://experience.arcgis.com/experience/2c467b28d5ec4d8da490d0ed78027c40/>

4.8.2 Avaliação da aplicação *web*

De cada RPA, escolheu-se 2 bairros, um com menor e outro com maior IAV calculado nesta pesquisa com dados espaciais de alta resolução (escala 1:1000), para comparação com o IAV calculado pela aplicação *web* utilizando imagens do PE3D (escala 1:1000).

Para a aplicação do teste t de *Student* foram traçadas poligonais nas áreas dos bairros, correspondentes as poligonais utilizadas na pesquisa, sendo inserida a variável sobre população da área estudada, conforme exemplo na Figura 42. A área considerada foi no bairro do Ipsep.

Figura 42 - Exemplo da aplicação *web* com poligonais traçadas para estimativa de IAV no Ipsep



Fonte: Autora, 2024.

No Quadro 14 estão descritos os resultados estimados obtidos no cálculo para o IAV considerando a soma dos espaços livres públicos dividido pela população do bairro, realizado conforme metodologia descrita anteriormente.

Quadro 14 - IAV da pesquisa e IAV da aplicação *web* para confirmação dos resultados do sistema

RPA	BAIRRO	IAV OBTIDO NA PESQUISA (m ² /hab)	IAV ESTIMADO DA APLICAÇÃO WEB (m ² /hab)
01	SANTO ANTÔNIO	146,43	130,56
	SOLEDADE	1,79	1,80
02	HIPÓDROMO	5,86	5,62
	BOMBA DO HEMETÉRIO	0,10	0,15
03	JAQUEIRA	41,82	42,67
	ALTO DO MANDU	0,11	0,15
04	CORDEIRO	7,03	7,02
	CAXANGÁ	0,18	0,19
05	CURADO	9,60	9,83
	BARRO	0,15	0,15
06	IPSEP	2,44	2,50
	IBURA	0,28	0,27

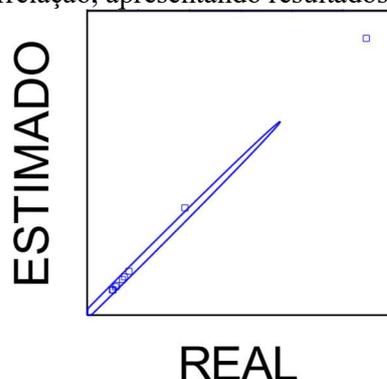
Fonte: Autora, 2024.

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 (soma das áreas dos espaços livres públicos dividido pelo número de habitantes), indicando que eles são

semelhantes.

O coeficiente de correlação $r_{XY} = 0,99$ indica que os dois procedimentos são altamente correlacionados (Figura 43).

Figura 43 - Gráfico de correlação, apresentando resultados altos para dados estimados



Fonte: Grafiti, 2009.

A aplicação da análise de regressão apresentou o seguinte quadro de análise de variância (ANOVA) (Tabela 2).

Tabela 2 – Quadro da ANOVA para o modelo ajustado

FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	19464,4018	19464,4018	6269,7380**
Resíduo	10	31,045091	3,1045	
Total	11			

Fonte: Silva (2024), a partir do *software* Systat

Em que:

FV = Fontes de variação;

GL = Graus de liberdade;

SQ = Soma de quadrados;

QM = Quadrado médio;

F = Teste de F;

** = altamente significativo.

Pela a ANOVA se observa que o ajuste resultou em uma equação (Equação 12) altamente significativa, expressa por:

$$\hat{Y}_i = -0.665336 + 1.113802 X_i$$

(Equação 12)

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.

5 CONCLUSÕES

- Considerando-se as áreas protegidas das unidades de conservação da natureza (UCN) no cálculo do indicador IAV, principalmente com características de floresta e grandes áreas de cobertura vegetal, verificou-se um aumento significativo do indicador de alguns bairros, e que sem essas áreas, alguns bairros podem apresentar IAV igual a zero, tendo assim duas leituras extremas da qualidade ambiental da região;
- Com a utilização do indicador PAV nenhum bairro apresentou indicador igual a zero, pois todas as regiões possuem algum tipo de vegetação, por mínima que seja, o que contribui para a qualidade ambiental e de vida da população da região;
- A divergência de conceitos e metodologias entre os autores sobre o cálculo dos indicadores IAV e PAV, dificulta a comparação dos resultados obtidos entre os trabalhos nas cidades já estudadas. Uma conceituação e metodologia padronizada, e ao menos os parâmetros mínimos estabelecidos, poderiam contribuir para a comparação dos índices em diferentes regiões;
- A importância de observar toda a área verde da cidade, pois todo verde contribui para o equilíbrio socioambiental da região;
- A aplicação de diferentes metodologias, de acordo com a especificidade de Recife, permitiu três leituras e análises para os indicadores de qualidade ambiental urbana.
- A utilização dos indicadores pode contribuir para a gestão de áreas verdes da cidade e implementação de políticas públicas relacionadas ao tema, para manutenção e aumento da cobertura vegetal do Recife e espaços livres públicos, principalmente aquelas que apresentaram uma baixa qualidade ambiental urbana;
- O mapeamento dos resultados dos indicadores e distribuição da vegetação contribuiu para melhor visualização da qualidade ambiental nos bairros e RPAs, podendo ser levado em consideração para o planejamento urbano e ambiental e na priorização de áreas verdes urbanas nos bairros;
- O IAV nulo constatou para alguns bairros a alta densidade populacional e a falta de espaços livres públicos de lazer para a população residente, impactando na qualidade de vida dos residentes.;
- Disponibilizar um sistema com calculadora de IAV pode possibilitar que outras pesquisas sejam realizados em diferentes cidades da RMR, pois a ferramenta possibilita estimar o

indicador e com isso a qualidade ambiental de uma área em diferentes escalas (cidade, bairro, setor censitário, etc.), desde que se saiba a população residente;

- A leitura das áreas verdes da cidade do Recife e o mapeamento dos indicadores de qualidade ambiental com uso de tecnologias do geoprocessamento mostraram-se muito produtivas, devido a grande quantidade de informações que podem ser cruzadas possibilitando novas análises.

Por fim, recomenda-se a utilização dos resultados da pesquisa para novos estudos, elaboração de planos e projetos urbanísticos, e implementação de política públicas de qualidade ambiental para a cidade do Recife, a partir da utilização de indicadores de qualidade ambiental, IAV e PAV, como instrumentos de gestão de áreas verdes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Gustavo Lima de. **Estratégias de avaliação da disponibilidade de arborização urbana em logradouros públicos**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Minas Geral, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/68399>. Acesso em: 31 maio 2024.
- ALVES, José Eustáquio Diniz. Os 70 anos da ONU e a agenda global para o segundo quindênio (2015 – 2030) do século XXI. **R. bras. Est. Pop.** Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 587-598, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepop/a/MTLZnS4dmxZxq84GNkD539s/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 09 abr. 2023.
- ARIES, Agência Recife de Inovação e Estratégia. **Recife 500 anos: plano estratégico de longo prazo para o desenvolvimento da cidade**. 2. ed. revisada e atualizada. - Recife : Cepe, 2022.
- ARIES, Agência Recife de Inovação e Estratégia. **ARIES inaugura Jardins Filtrantes e obras de requalificação do Parque do Caiara**. Plano Recife 500 anos. 2023. Disponível em: <https://recife500anos.org.br/aries-inaugura-jardins-filtrantes-e-obras-de-requalificacao-do-parque-do-caiara/>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- BARGOS, Danúbia Caporusso. **Mapeamento e Análise das Áreas Verdes Urbanas como Indicador da Qualidade Ambiental Urbana: estudo de caso de Paulínia-SP**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Campinas, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/479711>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- BARGOS, Danúbia Caporusso; MATIAS, Lindon Fonseca. Mapeamento e análise de áreas verdes urbanas em Paulínia (SP): Estudo com a aplicação de geotecnologias. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, ano 24 n. 1, p. 143-156, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/6rgJs3N37pnbxMPHNK7d48g/?lang=pt>. Acesso em: 09 abr. 2023.
- BARGOS, Danúbia Caporusso; MATIAS, Lindon Fonseca. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (RSBAU)**. v. 6, n. 3, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66481/38295>. Acesso em: 22 jan. 2023.
- BEGA, J. M. M.; BORGES, A. V.; LAGO, C. A. F.; MENDES, J. P.; AZEVEDO, P. T.; SANTOS, W. J. R.; MARIOSA, D. F. Avaliação da Sustentabilidade dos Indicadores de Saneamento do Plano das Bacias PCJ 2020-2035. **Revista Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 24, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/ZZmvJqCWMh4JDr9NfBb5fhm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 jan. 2023.
- BENINI, Sandra Medina. **Áreas verdes públicas: a construção do conceito e a análise geográfica desses espaços no ambiente urbano**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2017. Disponível em: https://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/09/sandramedina.pdf. Acesso em: 12 maio

2024.

BORATTO, Isa Maria de Paula; GOMIDE, Reinaldo Lúcio. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais**. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, v. 16, p. 7345 – 7352, 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE. Disponível <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/956305/aplicacao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-savi-e-iaf-na-caracterizacao-da-cobertura-vegetativa-da-regiao-norte-de-minas-gerais>. Acesso em 28 maio 2024.

BRAGA, Máira Batista; LEITE, Marcelo Sobral; DA LUZ, Sandra Cristina Soares. **Biodiversidade das unidades de conservação do Recife** [recurso eletrônico]. Ananindeua: Itacaiúnas, 2021.

BRASIL. **Decreto nº 23.793, de 23 de Janeiro de 1934**. Aprova o Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm. Acesso em: 20 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 2.519, de 16 de Março de 1998**. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/182959/000182959.pdf?sequence=10>. Acesso em: 23 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965**. Aprova o Código Florestal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm. Acesso em: 20 nov. 2022.

BRASIL, CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 369 de 28 de Março de 2006**. 2006a. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2023.

BRASIL, **Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas (PNAP) Decreto nº 5.758, de 13 de Abril de 2006**. 2006b. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/205/_arquivos/planonacionaareasprotegidas_205.pdf. Acesso em: 27 jul. 2024.

BRASIL, IBGE. **ODS Brasil - Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2023. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=11>. Acesso em: 15 dez. 2022.

BRASIL, Ministério da Economia. **Cadernos ODS – 11, O que mostra o retrato do Brasil?**. IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. 2019. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>. Acesso em: 17 jan. 2023.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Programa Cidades + Verdes – Extrator de Dados**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/cidadesmaisverdes/cau/portal-cau/>. Acesso em: 30 jan. 2023.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Ambiental Urbano registra mais de 3700 áreas verdes em 23 estados**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/cadastro-ambiental-urbano-registra-mais-de-3700-areas-verdes-em-23-estados>. Acesso em: 23 abr. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 20 nov. 2022.

BRASIL, **Imagem Objetivos de Desenvolvimento do Milênio Brasil (ODM)**. [s.d]. Disponível em: <http://www.odmbrasil.gov.br/os-objetivos-de-desenvolvimento-do-milenio>. Acesso em: 15 abr. 2023.

CALDERANO FILHO, Braz; POLIVANOV, Helena; CARVALHO JUNIOR, Waldir de; CHAGAS, Cesar da Silva; CALDERANO, Sebastião Barreiros. 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.

CAMPOS, J. C.; ITO, A. P. N.; CARNEIRO, V. A.; DRUCIANKI, V. P. Conceito de Parque Urbano aplicado ao longo do Córrego Ipiranga na cidade de Anápolis, Goiás, Brasil: Contradições e Discussões. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**. v. 22, n. 1, p. 154–168, 2020. DOI: 10.35701/rcgs.v22n1.442. Disponível em: [//rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/442](http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/442). Acesso em: 26 abr. 2023.

CARDOSO, Andreza Soares; SANTOS JR, Roberto Araújo Oliveira. Indicadores de sustentabilidade e o ideário institucional: um exercício a partir dos ODM e ODS. **Revista Ciência e Cultura**. vol. 71, n.1, 2019. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252019000100014. Acesso em: 10 jan. 2023.

CARVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.; GUZZO, P.; ROCHA, Y. T. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. **SBAU**. Ano VII, nº 3, 1999. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/cavalheiro-et-al-1999.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CIRILO, José Almir; ALVES, Fellipe Henrique Borba; SILVA, Luiz Augusto Clemente da; CAMPOS, João Henrique de Andrade Lima. 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.

CHAVES, Ana Maria Severo. **Indicadores de qualidade ambiental de áreas verdes públicas da cidade de Garanhuns-PE**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe, 2017. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/5544>. Acesso em: 20 maio 2024.

COSTA, Marilene Oliveira da; SILVA, Kariny Conceição da; BENTES, Márcia Ketlin dos; DIAS, Gustavo Francesco de Moraes. Projeção populacional do Município de Santa Izabel do Pará/PA-RMB. **Nature and Conservation**. v, 15, n. 3, p.132-145, 2022. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/nature/article/view/7620>. Acesso em: 10 março 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.

CRUZ, Sérgio Aparecido Braga da; SILVA, João dos Santos Vila da; MACÁRIO, Carla Geovana do Nascimento. **Anais**. 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, p. 990 990 -997, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112146/1/arquitetura-WebGIS.pdf>. Acesso em: 01 maio 2023.

CUNHA, Paulo Roberto Freire; RIBEIRO-FILHO, Jayme Duarte. Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação para Pernambuco. **Revista Inovação e Desenvolvimento**. vol. I, n. 10, 2023. Disponível em: <https://www.facepe.br/comunicacao/revista-facepe/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

DALL'IGNA ECKER, Vivian. O conceito de praça e a qualidade da paisagem urbana. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 101–110, 2020. DOI: 10.21680/2448-296X.2020v5n1ID19559. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/19559>. Acesso em: 13 de abr. 2023.

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 maio 2023.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO. **Requalificação do Parque do Caiara, inauguração será nesta sexta-feira**. 2023. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/ultimas/2023/03/requalificacao-do-parque-do-caiara-inauguracao-sera-nesta-sexta-feira.html>. Acesso em: 01 maio 2023.

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.

DRUMMOND, José Augusto de; DIAS, Teresa Cristina Albuquerque de Castro; BRITO, Daguiete Maria Chaves. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. Macapá: MMA/IBAMA-AP; GEA/SEMA, 2008. Disponível em: https://www.mpap.mp.br/images/Atlas_das_Unidades_de_Conserva%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.

DUDLEY, N. **Guidelines for Applying Protected Area Management Categories**. Nº 21. Switzerland: IUCN Publications Services, 2008. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-021.pdf>. Acesso em: 23 jul 2024.

ESRI. **ArcGIS Dashboards Classic**. Disponível em: https://doc.arcgis.com/en/dashboards/10.9.1/reference/pdf/dashboards_classic_portal.pdf. Acesso em: 01 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: 15 jan. 2023.

ESRI. **Função de Raster NDVI**, 2022. Disponível em: <https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/10.7/use/ndvi-raster-function.htm>. Acesso em: 31 maio 2024.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. 2ª ed. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2001.

FAUSTINO, Victória Bernardo; LOURENÇO, Roberto Wagner; LOPES, Elfany Reis do Nascimento; SALES, Jomil Costa Abreu. Análise dos indicadores de cobertura vegetal e a distribuição de renda do município de Sorocaba. **Anais**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos, SP. v. 19, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/analise-dos-indicadores-de-cobertura-vegetal-e-a-distribuicao-de-renda-do-munici?lang=en>. Acesso em: 18 jul 2023.

FERRAZ, Debora da Paz Gomes Brandão; VASCONCELOS, João Felipe; HYGINO, Giovanna Correia Giffoni; ALMEIDA, Paula Maria Moura de. O uso de imagens planet no mapeamento das áreas de mangue do estado do Rio de Janeiro. **Anais**. In: XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. v. 20, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/o-uso-de-imagens-planet-no-mapeamento-das-areas-de-mangue-do-estado-do-rio-de-ja?lang=pt-br>. Acesso em: 03 jun. 2024.

GAERTNER, E.; OLIVEIRA, R.; LIMONT, M.; FERNANDES, V. Alinhamento de Pesquisas Científicas com os ODS da Agenda 2030: um Recorte Territorial. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**. v. 10, n. 2, p. 26-45, 2021. Disponível em: <http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/5568/4104>. Acesso em: 21 jan. 2023.

GARCIA, Bianca Harumi Yamaguti; SOUZA, Murilo Marques de; FERREIRA, Jonas Silva; REZENDE, Greyce Bernardes de Mello. Índices de área verde e cobertura vegetal para bairros do município de Rondonópolis – MT. **Anais**. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. Maceió – AL, 2018. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/195_%C3%ADd%C3%A1vecvpbdm.pdf. Acesso em: 30 maio 2024.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa** – 7ª. ed. - São Paulo: Atlas, 2022.

GRAFITI. **Systat**: Software de análise estatística e gráficos. Versão 13.2. 2009. Disponível em: <https://grafiti.com/systat/>. Acesso em: 14 jun 2024.

GUILHERME, F. P. de S.; REOLON, C. A. Áreas verdes urbanas: uma análise a partir do Índice de Áreas Verdes (IAV). **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 11, n. 2, p. 180–192, 2020. DOI: 10.14393/BGJ-v11n2-a2020-59175. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/59175>. Acesso em: 10 abr. 2023.

GUSMÃO, P. S. BOVO, M. C. Áreas verdes urbanas: um estudo geográfico sobre a Praça Santos Dumont na pequena cidade de Terra Boa (PR). In: III Simpósio Nacional de Estudos Urbanos, Campo Mourão. **Anais**. Campo Mourão: Unespar – campus de Campo Mourão, 2016, p. 440-460.

GREENE, Linda W. Yosemite: **The Park and its resources. A History of the Discovery, Management, and Physical Development of Yosemite National Park, California**. 1987. Disponível em: <http://www.nps.gov/yose/historyculture/lindagreene.htm>. Acesso em: 21 jan. 2023.

HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental Indicators: A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington, D.C.: World Resources Institut, 1995. Disponível em: http://pdf.wri.org/environmentalindicators_bw.pdf. Acesso em: 02 de abr. de 2023.

HOFF, Rosemary; LEITE, Juciara; ZOUAIN; Ricardo. 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. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais e Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE. **Áreas urbanizadas do Brasil 2019**. Rio de Janeiro, 2022a. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101973_informativo.pdf. Acesso em: 05 jun 2024.

IBGE. **Cidades e Estados - Censo 2022**. 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>? Acesso em: 21 out. 2023.

IVES, Christopher D; OKE, Cathy; HEHIR, Ailish; GORDON, Ascelin; WANG, Yan; BEKESY, Sarah A. Capturing resident's values for urban greenspace: Mapping, analysis and guidance for practice. **Landscape and Urban Planning**. v. 161, p. 32–43, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204616302821?via%3Dihub>. Acesso em: 26 jan. 2023.

IDSC – BRASIL, Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades - Brasil (IDSC-BR). **Metodologia**. Programa Cidades Sustentáveis. Disponível em:

<https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/methodology#Figura-1-Formula>. Acesso em: 03 fev. 2023.

JARDIM, Jamila Paula; UMBELINO, Glauco. Mapeamento de áreas verdes e da arborização urbana: estudo de caso de Diamantina. **Revista Espinhaço**. Minas Gerais. 9(2), 29–39, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4432819>. Acesso em: 23 jan. 2023.

JWO, J-S., LIN, C-S., LEE, C-H. An Interactive Dashboard Using a Virtual Assistant for Visualizing Smart Manufacturing. **Hindawi Mobile Information Systems**, 2021, Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2021/5578239>. Acesso em: 03 jun 2024.

KRONEMBERGER, Denise Maria Penna. Os desafios da construção dos indicadores ODS globais. **Ciência e Cultura [online]**. vol.71, n.1, 2019. ISSN 2317-6660. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602019000100012>. Acesso em: 02 de abr. de 2023.

LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Marques. **Cidades Sustentáveis, cidades inteligentes: Desenvolvimento sustentável num planeta urbano**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LEITE, Marcelo Sobral; GEISELER, Sabine; PINTO, Severino Rodrigo Ribeiro. **Como criar unidades de conservação: guia prático para Pernambuco**. Recife: Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste, 2011.

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.

LUCON, Thiago Nogueira; PRADO FILHO, José Francisco do; SOBREIRA, Frederico Garcia. Índice e Percentual de áreas verdes para o perímetro urbano de Ouro Preto – MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (RSBAU)**. v. 8, n. 3, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/issue/view/2795>. Acesso em: 20 jan. 2023.

LUZ, Iracema Clara Alvez. **Áreas verdes de acesso restrito e impacto no índice de áreas verdes**. Tese de Doutorado. (Doutor em Agronomia/Fitotecnia). 2020. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFLA_c34f585170b7734f1ea199e3141b473e. Acesso em: 24 maio 2024.

LUZ, Emanuely Ferreira dos Reis; CUTRIM, Kláutenys Dellene Guedes; REIS LUZ, Mariely Ferreira dos. A praça como espaço de identidade e memória da cidade. **Revista Memória em Rede**. Pelotas, v. 15, n 28, p. 393 – 415, 2023. Disponível em: <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Memoria>. Acesso em: 20 abr. 2023.

MACEDO, S. S.; SAKATA, F. G. **Parques urbanos no Brasil**. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em https://www.dropbox.com/scl/fi/md00rysp8r5n3yjhe0f2r/MACEDO_SAKATA_ParquesurbanosnoBrasil_bx.pdf?rlkey=rx6e91pivvezagd42xaknfk4r&e=1&dl=0. Acesso em: 28 maio 2024.

MAIA, de Paula; SANTOS, Alisson Almeida dos; SOUZA SANTOS, Roberto de. A importância das áreas verdes em espaços urbanos: reflexões sobre qualidade de vida e marcos legais. **Produção Acadêmica**. v. 6, n. 1, p. 02–23, 2021. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/producaoacademica/article/view/12092>. Acesso em: 30 abr. 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.

MAGNOLI, M. M. Espaço livre - objeto de trabalho. **Paisagem e Ambiente**. n. 21, p. 175-197, 2006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/40249>. Acesso em: 07 abr. 2023.

MARRA, Elisa Barbosa. **Análise temporal de projetos de esgotamento sanitário baseada na projeção populacional e no índice de qualidade de água para o município de Barra do Pirai – RJ**. Dissertação Mestrado (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Rio de Janeiro: UERJ, 2023. Disponível em: <https://www.btdt.uerj.br:8443/handle/1/19748>. Acesso em: 28 març. 2024.

MARÓSTICA, J. R., CORTESE, T. T. P., LOCOSSELLI, G. M., & KNISS, C. T. Sustentabilidade Urbana e Indicadores de Área Verde no Município de São Paulo. **Revista Brasileira De Gestão e Desenvolvimento Regional**. vol. 17, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.rbqdr.net/revista/index.php/rbqdr/article/view/6178>. Acesso em: 19 jan. 2023.

MEDEIROS, Rodrigo. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Revista Ambiente & Sociedade**. vol. IX, nº. 1, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/C4CWbLftKrTPGzcN68d6N5v/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 jul. 2024.

MELO, Danilo; VAN BELLEN, Hans Michael. 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

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Construção de indicadores qualitativos para avaliação de mudanças. **Revista Brasileira de Educação Médica**. vol.33, suppl.01, pp.83-91, 2009. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/rbem/v33s01/v33s01a09.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2023.

NISHIMURA, M. D. L.; MERINO, G. S. A. D.; MERINO, E. A. D. Desenvolvimento sustentável, inovação e gestão de design: uma reflexão multidisciplinar para o desenvolvimento social sustentável. **DA Pesquisa**. Florianópolis, v. 15, p. 01-19, 2020. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/dapesquisa/article/view/15773>. Acesso em: 13 abr. 2023.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2ª ed. - Curitiba: O Autor, 2008.

NUCCI, João Carlos; CAVALEIRO, Felisberto. Cobertura vegetal em áreas urbanas – conceito e método. **Revista GEOUSP**. nº 6; p. 29-36, 1999. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/issue/view/9236>. Acesso em: 24 jan. 2023.

OLIVEIRA, Igor Gustavo Ferreira de; SILVA, João Eduardo Martins; SANTOS, Larissa Furtado Lins dos. Análise da expansão urbana e os impactos na cobertura vegetal e na temperatura da superfície terrestre do município de Toritama, Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v.5, n.1, p.82-91, 2024. Disponível em: <https://rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/view/148>. Acesso em: 27 maio 2024.

OLIVEIRA, Carlos Henke de. **Planejamento Ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. Dissertação Mestrado (Mestrado em Ecologia). São Carlos: UFSCar, 1996. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1950>. Acesso em: 30 maio 2024.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

OMT, Organización Mundial del Turismo. **Indicadores de desarrollo sostenible para los destinos turísticos - Guía práctica**. Madri, 2005.

PAZ, Ubirajara Ferreira da. **Gestão de áreas verdes públicas na cidade do Recife, Pernambuco – Brasil**. Dissertação Mestrado (Mestrado em Gestão Ambiental). IFPE campus Recife, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/54>. Acesso em: 30 mai 2024.

PEIXOTO, Isis Gonçalves. Cálculo do indicador ODS 11.7.1: Estudo de caso com base em dados de fontes abertas. *In* **Construção e difusão do conhecimento matemático 2**. p. 14-29, 2023. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/index.php/catalogo/post/calculo-do-indicador-ods-11-7-1-proporcao-da-area-construida-cidades-que-e-espaco-publico-aberto-para-uso-de-todos-com-base-em-dados-de-fontes-abertas>. Acesso em: 28 maio 2024.

PINHEIRO NETO, Veríssimo Ribeiro; SILVA, Jadson Freire da; GALDINO, Mariana de Arruda; SOARES, Gabriel Antonio Silva; BARROS, Juliana Patrícia Fernandes Guedes; GALVÍNCIO; Josiclêda Domiciano. Avaliação do índice de vegetação produto do Sensoriamento Remoto EEFLUX em regiões semiáridas brasileiras. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v.5, n.1, p. 69-81, 2024. Disponível em: <https://rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/view/147>. Acesso em: 31 maio 2024.

PONTES, Júlia Isabel; MELO, Marcella Fernandes de Oliveira; LIMA, Vanessa Nunes de; ALCÂNTARA, Ligia Albuquerque de. Pernambuco tridimensional: potencialidade de geração de produtos cartográficos de apoio a gestão de bacias hidrográficas. **Anais**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v.19, p. 2996 – 2999, 2019. 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

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Programa Cidades Sustentáveis.**

Apresentação. 2020. Disponível em:

<https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/link/apresentacao-pcs-2020.pdf> Acesso em: 29 maio 2024.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Guia Gestão Pública Sustentável (GPS).**

2016. Disponível em:

https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/Publicacoes/GPS_Guia_Gestao_Publica_Sustentavel.pdf. Acesso em: 29 maio 2024.

RAMIREZ, Dimaris Anaika Gomez. 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, Helci Ferrerira; NUNES, Fabrizia Gioppo; DOS SANTOS, Alex Mota. 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.

RAMOS, Adriana. **As Unidades de Conservação no Contexto das Políticas Públicas.** *In:* Gestão de Unidades de Conservação: compartilhando uma experiência de capacitação.

Organizadora: Maria Olatz Cases. Realização: WWF-Brasil/IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas. WWF-Brasil, Brasília, 2012. Disponível em:

https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/gestao_de_unidades_de_conservacao.pdf. Acesso em: 22 ago. 2022.

RAIMUNDO, Sidnei; SARTI, Antonio Carlos. Parques Urbanos como elemento de valorização do espaço a partir de atividades de lazer e turismo. **Geograficidade**. v.9, n. 2, p. 104-118, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geograficidade/article/view/29167>. Acesso em: 26 abr. 2023.

RANGEL, S. R.; RAMOS, L. L. A; LYRA, A. P. R. Espaço público e vitalidade: Parque linear como instrumento de reconciliação em área residual da infraestrutura viária. **Arq.Urb.** n. 24, p. 126–145, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi24.62>. Acesso em: 26 abr. 2023.

RECIFE. **Lei nº 16.293/97.** Dispõe sobre as Regiões Político-Administrativas do Município do Recife e dá outras providências. Recife, PE: Prefeitura, 1997. Disponível em:

<http://www.legiscidade.recife.pe.gov.br/lei/16293/?keyword=rpa>. Acesso em: 02 abr. 2023.

RECIFE, Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente; LEITÃO, Lúcia (org).

As praças que a gente quer: manual de procedimentos para intervenção em praças.

Recife: A Secretaria, 2002.

RECIFE. **Lei nº 18.014/2014.** Institui o Sistema Municipal de Unidades Protegidas - SMUP Recife e dá outras Providências. Recife, PE: Prefeitura, 2014. Disponível em:

<https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2014/1801/18014/lei-ordinaria-n-18014-2014-institui-o-sistema-municipal-de-unidades-protetidas-smup-recife-e-da-outras->

providencias. Acesso em: 20 nov. 2023.

RECIFE. **Dados Abertos da Prefeitura do Recife**. 2020. Disponível em: <http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/parques-e-pracas>. Acesso em: 10 jan. 2023.

RECIFE. **Lei complementar nº 02/2021**. Institui o Plano Diretor do Município do Recife. Disponível em: https://planodiretor.recife.pe.gov.br/sites/default/files/inline-files/PD_2021_1.pdf. Acesso em: 28 abr. 2023.

RECIFE. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **ESIG LAMA - Licenciamento Ambiental Municipal Agilizado**. 2022. Disponível em: <https://esigportal2.recife.pe.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=21b2a2bcda347dbb6486294b50abe4c>. Acesso em: 15 dez. 2022.

RECIFE, Notícias. Prefeitura do Recife entrega segunda etapa do Parque das Graças. **Notícias - Lazer, Prefeitura do Recife**, 2022a. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/23/12/2022/prefeitura-do-recife-entrega-segunda-etapa-do-parque-das-gracas>. Acesso em: 30 abr. 2023.

RECIFE. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Recife se destaca como 2ª capital do País com mais áreas verdes urbanas**. 2022b. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/05/04/2022/recife-se-destaca-como-2a-capital-do-pais-com-mais-areas-verdes-urbanas#:~:text=O%20Recife%20ocupa%20hoje%20o,de%20%C3%A1reas%20verdes%20nas%20cidades>. Acesso em: 07 fev. 2023.

RECIFE, secretária de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Recife. **Jardins Filtrantes**. 2023. Disponível em: <https://desenvolvimentoeconomico.recife.pe.gov.br/jardins-filtrantes-0>. Acesso em: 30 abr. 2023.

RECIFE. **Notícias**. 2024a. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias>. Acesso em: 29 maio 2024.

RECIFE. **Prefeitura do Recife inicia obras do Jardim do Poço**. 2024b. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/25/01/2024/prefeitura-do-recife-inicia-obras-do-jardim-do-poco>. Acesso em: 29 maio 2024.

RECIFE. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Geoserviços**. Disponível em: <https://esigportal2.recife.pe.gov.br/arcgis/rest/services>. Acesso em: 15 dez. 2022.

RÊGO, Shirley Coutinho Alves; LIMA, Priscila Pereira Souza de; SILVA LIMA, Maria Niedja; MONTEIRO, Thereza Rachel Rodrigues. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista Geonorte**. Edição Especial, v.2, n.4, p.1217 – 1229, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2241>. Acesso em: 23 maio 2024.

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves; SILVA, Luís Eduardo Gomes. A Conferência de Estocolmo de 1972 e sua influência nas constituições latino-americanas. **Revista do Direito**

Público. Londrina, v. 14, n. 2, p. 109-135, ago. 2019. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/direitopub/article/view/32223>. Acesso em: 20 jan. 2023.

RIBEIRO, Diogo Ferreira; VIDAL, Bruno Sarkis. Análise espaço-temporal das transformações na paisagem no município de Borba/AM, entre os anos de 1985 e 2020. **Revista Geopolítica Transfronteiriça**, v. 8, n. 1, p. 17-30, 2024. Disponível em: <https://periodicos.uea.edu.br/index.php/revistageotransfronteirica/article/view/3395>. Acesso em: 31 maio 2024.

RIOS, Israel Henrique Ribeiro; SANTANNA, Maryly Weyll; QUINTANILHA, José Alberto; GROHMANN, Carlos Henrique. Avaliação da precisão da classificação de cobertura do solo na identificação de áreas potenciais para o aparecimento de criadouros de *aedes aegypti*. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 23-44, jul./dez. 2023. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/8c32/811f8484ee944dc10cd6f1b53f62d6873fdb.pdf>. Acesso em: 04 jun 2024.

ROCHA, M. F.; NUCCI, J. C. Índices de vegetação e competição entre cidades. **Revista Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 22, n. 3, p. 641-655, dez. 2018. ISSN 2179-0892. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/133554>. Acesso em: 05 maio 2024.

ROCHA, Danilo Serra da; PEREIRA, Rudiney Soares; TRINDADE, José Pedro Pereira; VOLK, Leandro Bochi da Silva; PINHO, Leonardo Bidese 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.

RODRIGUES, José Edilson Cardoso; LUZ, Luziane Mesquita da. Análise temporal da perda da cobertura vegetal dos bairros da área central da cidade de Belém-PA. **Revista GeoAmazônia**, Pará, v.7, n.14, p. 1-20, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/article/view/12552>. Acesso em: 30 maio 2024.

ROSSET, Franciele. **Procedimentos metodológicos para estimativa do índice de áreas verdes públicas. Estudo de Caso: Erechim, RS**. Dissertação Mestrado (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). São Carlos: UFSCar, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/2113>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ROUSE, J.W. Jr.; HAAS, R.H; SCHELL, J.A; DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. NASA. Centro de Voo Espacial Goddard 3d ERTS-1 Symp., Vol. 1, Seção. A. 1973. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>. Acesso em: 29 maio 2024.

SÁ CARNEIRO; Ana Rita; MESQUITA, Liana de Barros. **Espaços Livres do Recife**. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife / Universidade Federal de Pernambuco, 2000.

SALES, L. R. Análise dos Espaços Livres Públicos em Campina Grande, PB, BRASIL:

Problemáticas e Potencialidades. **Terr@ Plural**, v. 14, p. 1–21, 2019. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/13297>. Acesso em: 7 abr. 2023.

SANCHES, F. C.; SCHMIDT, C. M. Indicadores de Sustentabilidade Ambiental: Uma Análise das Práticas Sustentáveis em Empreendimentos de Turismo Rural. **Desenvolvimento Em Questão**. Rio Grande do Sul, RS, v.14, n. 37, p. 89–114, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/6139>. Acesso em: 02 abr. 2023.

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**. 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.

SANTOS, Karine Moreira dos; COSTA, Carlos Alberto. Dashboards aplicados no apoio a gestão da produção em matrizarías. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 22, n. 4, p. 3555-3583, 2022. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/download/4733/2244/14653>. Acesso em: 28 maio 2024.

SANTOS; Ricardo dos; PIROLI, Edson Luís. Planejamento ambiental e a perspectiva escalar: uma abordagem geográfica. **GEOSUL**. Santa Catarina, SC. v. 35, n. 75, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/1982-5153.2020v35n75p350>. Acesso em: 30 abr. 2023.

SANTOS, Rozely Ferreira dos Santos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. - São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SARAIVA, Marciano; SILVA, Diego; FERREIRA, Luiz; GALANO, Soltan; SIQUEIRA, João; SOUZA JR., Carlos. Construção de mosaicos temporais normalizados de imagens. **Anais**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos, SP, v. 19, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/trabalhos/construcao-de-mosaicos-temporais-normalizados-de-imagens-planet?lang=pt-br>. Acesso em: 03 jun. 2024.

SCHEPPA, Hélia. Diário de Pernambuco - **Recife inaugura Jardins Filtrantes no Parque do Caiara**. 2023. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2023/03/recife-inaugura-jardins-filtrantes-no-parque-do-caiara.html>. Acesso em: 01 maio 2023.

SILVA, Allan Deyvid Pereira da; SANTOS, Andre Ferreira dos; OLIVEIRA, Lucicleia Mendes de. Índices de área verde e cobertura vegetal das praças públicas da cidade de Gurupi, TO. **Revista Floresta**. Curitiba, PR, v. 46, n. 3, p. 353 – 36, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/40052>. Acesso em: 22 jan 2023.

SILVA, J. A. A. da; SILVA, I. P. da. **Estatística experimental aplicada a ciência florestal**, Imprensa Universitária da UFRPE, 2ª Edição, 1995, 292 p.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de direito ambiental**. 16ª ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

SILVA, Raphael Fonseca de Sá. **Cálculo do Índice de Arborização Urbana (índice de área verde) como indicador da qualidade socioambiental para a cidade de Três Rios, RJ**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Gestão Ambiental) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Três Rios, 2016.

SOUZA, M. C. C.; AMORIM, M. C. C. T. Índice de qualidade para avaliação de áreas verdes públicas. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 62–83, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/54533>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SOUZA, Suzana. Primeira etapa do Parque das Graças é inaugurada, na Zona Norte do Recife. **g1 PE**. Recife, 29/12/2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pe/parque-das-gracas-e-inaugurada-na-zona-norte-do-recife.ghtml>. Acesso em: 30 abr. 2023.

SOUZA, E. G.; ANDRADE, E. O.; CÂNDIDO, G. A. A aplicação das dimensões do Desenvolvimento Sustentável: um estudo exploratório nos municípios produtores de leite bovino no Estado da Paraíba. **Revista Eletrônica de Administração**. v. 14, n. 3, p. 650–669, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/read/article/view/39369>. Acesso em: 02 de abr. 2023.

SOUZA, I. G. de M; LIMA, L. R. de; PORTO, M. B. Programa Cidades Sustentáveis como Instrumento Avaliativo da Gestão Pública dos Municípios Brasileiros. **RACE - Revista De Administração, Contabilidade E Economia**, v. 21, n. 2, p. 153–176, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/race/article/view/32522>. Acesso em: 22 maio 2024.

SOUZA, Leonardo Borges Lopes de; SILVA, César Augusto Marques da. Um olhar sobre a Sustentabilidade Urbana e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). **Anais XVIII ENANPUR**, Natal, p. 01-27, 2019. Disponível em: <http://xviiienganpur.anpur.org.br/anaisadmin/capapdf.php?reqid=1471>. Acesso em: 28 dez. 2022.

TARDIN, Raquel. **Espaços livres: sistema e projeto territorial**. Rio de Janeiro: 7Letras, 2008.

TAVARES, J. M. da S.; NETO, C. P. Aspectos do crescimento populacional: estimativas e uso de indicadores sócio demográficos. **Formação Online**. v. 27, n. 25, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/5928>. Acesso em: 08 mar 2024.

TOLEDO, Fabiane dos Santos; MAZZEI, Katia; SANTOS, Douglas Gomes dos. Um índice de áreas verdes (IAV) na cidade de Uberlândia / MG. **RevSBAU**. Piracicaba-SP, v. 4, n. 3, p. 86-97, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66415/38256>. Acesso em: 28 abr. 2024.

VAN BELLEN; Hans Michael. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE.BR**. v. 2, n. 1, p. 01–14, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/k77Q3nc4KhT3cfFJS9jRKwh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 abr. 2023.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

VARGAS, Karine Bueno; LAWALL, Sarah; Rayssa; OLIVEIRA, Evangelista Matos de; SILVA, Felipe de Freitas; LIMA, Julio Cesar Carau Felix de. Áreas Verdes na Baixada Fluminense: Configurações de uma Biogeografia Urbana. **Geosul**, Florianópolis, v. 37, n.83, p. 28-49, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/84106>. Acesso em: 16 abr. 2023.

VILLWOCK, F. H.; GUSMÃO, P. S.; DONATO, L. Áreas verdes urbanas de Terra Boa (PR): um estudo geográfico a partir do Índice de Área Verde (IAV). **Geofronter**, Campo Grande, n. 4, v. 4, p. 124-139, 2018. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/2599>. Acesso em: 16 abr. 2023.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

APÊNDICE – PAINEL DINÂMICO PARA VISUALIZAÇÃO DOS DADOS E APLICAÇÃO *WEB*

O Painel dinâmico (*Dashboard*) para visualização de dados dos indicadores IAV e PAV nos bairros de Recife, e a Aplicação *Web* para cálculo estimado do índice de área verde em outros municípios da RMR podem ser acessados através do link <https://experience.arcgis.com/experience/2c467b28d5ec4d8da490d0ed78027c40/>