UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA

FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

Ian Kayf Santos Guimarães

Vinícius Santos Pinheiro da Costa

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE PONTOS DE DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS NO ENTORNO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - CAMPUS ANANINDEUA

ANANINDEUA, PA

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA

FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

Ian Kayf Santos Guimarães

Vinícius Santos Pinheiro da Costa

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE PONTOS DE DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS NO ENTORNO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - CAMPUS ANANINDEUA

Trabalho de Curso apresentado para obtenção do grau de Tecnólogo(a) em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos

ANANINDEUA, PA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G963i Guimarães, Ian Kayf Santos.
IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE PONTOS DE DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS NO ENTORNO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ / Ian Kayf Santos Guimarães, Vinícius Santos Pinheiro Da Costa. — 2026.
26 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua, Curso de Geoprocessamento, Ananindeua, 2026.

1. Resíduos sólidos. 2. Mapeamento ecológico. 3. Drone. I. Da Costa, Vinícius Santos Pinheiro. II. Título.

CDD 910.1333708115

Ian Kayf Santos Guimarães

Vinícius Santos Pinheiro da Costa

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE PONTOS DE DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS NO ENTORNO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - CAMPUS ANANINDEUA

Trabalho de Curso apresentado para obtenção do grau de Tecnólogo(a) em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua.

Data de aprovação:

Conceito:

Ananindeua – PA

Orientador(a) – Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos

Instituição

Primeiro examinador

Instituição

Segundo Examinador

Instituição

Discente

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus, pela força, sabedoria e perseverança ao longo de nossa trajetória acadêmica, permitindo-nos superar os desafios encontrados durante a realização deste trabalho.

Aos nossos familiares, pelo apoio, incentivo, compreensão e por estarem presentes nos momentos de dificuldades e conquistas, contribuindo para que pudéssemos alcançar mais esta etapa de nossa formação.

Aos professores do curso de Tecnologia em Geoprocessamento, pelos conhecimentos compartilhados, pela dedicação e pelas contribuições fundamentais para nossa formação acadêmica e profissional.

Ao nosso orientador, Professor Dr. Artur Vinicius Ferreira dos Santos, pela orientação, disponibilidade, paciência e pelas contribuições ao longo do desenvolvimento deste trabalho, auxiliando-nos na construção e no aprimoramento da pesquisa.

À Universidade Federal do Pará, especialmente ao Campus Ananindeua, pela oportunidade de formação e pelo espaço que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, agradecemos a todos que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho e para que chegássemos até aqui.

RESUMO

O descarte irregular de resíduos sólidos constitui um dos principais desafios ambientais enfrentados em áreas urbanas, contribuindo para a degradação do espaço público, a proliferação de vetores de doenças e impactos negativos à qualidade de vida da população. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a ocorrência do descarte irregular de resíduos sólidos no Campus Ananindeua da Universidade Federal do Pará e em seu entorno, utilizando o levantamento com veículo aéreo não tripulado (VANT) e visitas de campo como apoio à análise espacial. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, com abordagem quali-quantitativa, sendo desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, observações em campo e obtenção de imagens aéreas para identificação das áreas afetadas. Os dados coletados permitiram a localização dos principais pontos de descarte irregular, possibilitando a elaboração de um diagnóstico da situação e a compreensão da distribuição espacial dos resíduos na área estudada. Com base nesse diagnóstico, propõe-se uma rede de áreas de convivência distribuídas pelo perímetro do campus e interligadas por trilhas a uma praça central. Os resultados evidenciam a relevância do monitoramento ambiental aliado ao uso de tecnologias de sensoriamento remoto como suporte à gestão ambiental e à tomada de decisão. Conclui-se que o mapeamento dos pontos de descarte irregular pode contribuir para o planejamento de ações de gestão ambiental e medidas mitigadoras voltadas à promoção da sustentabilidade no ambiente universitário e em seu entorno.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Mapeamento ecológico. Drone.

ABSTRACT

The irregular disposal of solid waste is one of the main environmental challenges in urban areas, contributing to the degradation of public spaces, the proliferation of disease vectors, and negative impacts on population quality of life. In this context, the present study aims to analyze the occurrence of irregular solid waste disposal on the Ananindeua Campus of the Federal University of Pará and its surroundings, using an unmanned aerial vehicle (UAV) survey and field visits to support spatial analysis. This research is characterized as applied, with a qualitative-quantitative approach, developed through bibliographic review, field observations, and the acquisition of aerial images for the identification of affected areas. The collected data allowed the location of the main irregular disposal points, enabling the development of a situational diagnosis and the understanding of the spatial distribution of waste in the studied area. Based on this diagnosis, a network of social spaces distributed along the campus perimeter and connected by trails to a central square is proposed. The results highlight the importance of environmental monitoring combined with remote sensing technologies as support for environmental management and decision-making processes. It is concluded that mapping irregular disposal points can contribute to environmental management planning and mitigation measures aimed at promoting sustainability within the university environment and its surroundings.

Key-words: Solid waste. Ecological mapping. Drone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização do município de Ananindeua no estado do Pará..... 16

Quadro 1 – Equipamentos, programas e respectivas finalidades..... 17

Figura 2 – Distribuição dos centros de tomada das 283 fotografias aéreas na interface do WebODM..... 19

Figura 3 – Projeto em ambiente QGIS com as camadas utilizadas na integração dos dados... 21

Figura 4 – Pontos de descarte irregular de resíduos sólidos identificados no Campus Universitário de Ananindeua e delimitação da área de estudo..... 25

Figura 5 – Localização e direção de visada dos registros fotográficos georreferenciados..... 27

Figura 6 – Registros fotográficos georreferenciados do ponto de descarte..... 28

Figura 7 – Proposta ilustrativa de áreas de convivência no Campus Ananindeua..... 29

Figura 8 – Detalhamento dos espaços de convivência propostos..... 30

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO.....**	**10**
2	**REFERENCIAL TEÓRICO.....**	**12**
2.1	**O Papel dos SIGs (QGIS) na Análise Ambiental.....**	**12**
2.2	**Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos e Legislação.....**	**12**
2.3	**Revitalização de Espaços Públicos e Inibição de Descartes (Teoria das Janelas Quebradas).....**	**13**
3	**MATERIAIS E MÉTODOS.....**	**15**
3.1	**Área de Estudo.....**	**15**
3.2	**Materiais Utilizados.....**	**17**
3.3	**Estratégia de Levantamento de Dados.....**	**17**
3.4	**Aerolevantamento e Mapeamento Digital.....**	**18**
3.5	**Inspeção Terrestre e Validação.....**	**21**
3.6	**Processamento em Ambiente SIG e Planejamento da Intervenção.....**	**21**
4	**RESULTADOS E DISCUSSÕES.....**	**24**
4.1	**Distribuição Espacial dos Pontos de Descarte.....**	**24**
4.2	**Caracterização dos Pontos de Descarte.....**	**26**
4.3	**Proposta de Áreas de Convivência.....**	**28**
4.4	**O Mapeamento como Apoio à Gestão Ambiental.....**	**30**
5	**CONSIDERAÇÕES FINAIS.....**	**31**
	REFERÊNCIAS.....	**32**

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano e o aumento do consumo de bens descartáveis têm intensificado a geração de resíduos sólidos em diferentes espaços, incluindo áreas institucionais de ensino. Em ambientes universitários, essa problemática se torna ainda mais evidente devido à grande circulação de pessoas, à diversidade de atividades realizadas e, muitas vezes, à ausência de infraestrutura adequada para o descarte correto de resíduos, fatores que contribuem para a degradação ambiental e comprometem a qualidade dos espaços coletivos (BRASIL, 2010; WORLD BANK, 2018).

No entorno da Universidade Federal do Pará – Campus Ananindeua, observa-se a ocorrência de pontos de descarte irregular de lixo, o que contribui para impactos ambientais, visuais e sanitários na área. Essa situação reflete não apenas a insuficiência de práticas adequadas de gestão de resíduos, mas também a necessidade de estratégias que promovam maior conscientização e organização do espaço físico do campus.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar a ocorrência do descarte irregular de resíduos sólidos no interior do Campus Ananindeua da Universidade Federal do Pará (UFPA). Como objetivos específicos, busca-se:

a) realizar o levantamento com veículo aéreo não tripulado (VANT) nos arredores do Campus Ananindeua/UFPA;

b) mapear os principais pontos de acúmulo de resíduos por meio de visitas *in loco*.

O uso de geotecnologias tem se mostrado uma ferramenta eficiente para o monitoramento ambiental, a produção de informações espaciais e o apoio à tomada de decisão (NOVO, 2020; JENSEN, 2015). Por isso, a partir do diagnóstico espacial obtido, o trabalho apresenta, nos resultados, uma proposta de áreas de convivência como medida para reduzir o descarte irregular no campus.

A utilização de tecnologias de sensoriamento remoto, como drones, associada à observação direta em campo, permite uma análise mais precisa da distribuição espacial dos resíduos sólidos, contribuindo para diagnósticos ambientais mais eficientes e fundamentados. Além disso, tais ferramentas auxiliam na compreensão dos padrões de uso do espaço pelos estudantes e demais usuários do campus (FLORENZANO, 2011; NOVO, 2020).

Assim, este estudo se justifica pela necessidade de compreender a dinâmica do descarte irregular de resíduos sólidos no ambiente acadêmico e de propor soluções que integrem gestão ambiental e planejamento do espaço universitário, promovendo condições mais sustentáveis e adequadas de convivência no campus, em consonância com os princípios da Política Nacional

de Resíduos Sólidos e da sustentabilidade nas instituições de ensino superior (BRASIL, 2010; LEFF, 2015).

Além desta introdução, o trabalho está organizado em quatro seções: o referencial teórico (seção 2), que aborda o papel dos SIG na análise ambiental, a legislação sobre resíduos sólidos e a teoria das janelas quebradas; os materiais e métodos (seção 3); os resultados e discussões (seção 4), que incluem a proposta de áreas de convivência; e as considerações finais (seção 5).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Papel dos SIGs (QGIS) na Análise Ambiental

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas computacionais destinadas à coleta, ao armazenamento, à manipulação, à análise e à visualização de dados espacialmente referenciados, integrando informações de diferentes fontes em um mesmo ambiente cartográfico. Na análise ambiental, os SIG permitem cruzar variáveis como uso e ocupação do solo, hidrografia e feições antrópicas, transformando dados brutos em informação útil para a tomada de decisão (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Neste trabalho foi adotado o QGIS, um SIG livre e de código aberto (Open-Source) mantido pela Open Source Geospatial Foundation, cuja gratuidade e comunidade ampla de usuários o tornam adequado tanto para o meio acadêmico quanto para aplicações institucionais. O software possibilita a manipulação simultânea de dados matriciais (o ortomosaico gerado pelo VANT) e vetoriais (os pontos de descarte e os polígonos das áreas de acúmulo), além de suportar a reprojeção de sistemas de coordenadas e a elaboração dos layouts cartográficos finais (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2024).

A principal contribuição do SIG para a presente pesquisa reside na capacidade de análise espacial, que permitiu vetorizar, quantificar e classificar os focos de descarte irregular, bem como estabelecer relações de proximidade entre esses focos e as áreas propostas para revitalização. Dessa forma, o geoprocessamento deixa de ser apenas uma ferramenta de representação e passa a atuar como instrumento de diagnóstico e de planejamento territorial (FITZ, 2008).

2.2 Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos e Legislação

Os resíduos sólidos urbanos compreendem os materiais descartados derivados de atividades domésticas, comerciais e de limpeza pública nas áreas urbanas. Segundo a NBR 10004, esses resíduos são classificados quanto a periculosidade em Classe I (perigosos) e Classe II (não perigosos), essa última subdividida em II-A (não inertes) e II-B (inertes), classificação que orienta o manejo e a destinação ambientalmente adequada de cada tipo de material (ABNT, 2004).

No cenário nacional, o volume de resíduos sólidos urbanos gerado permanece elevado e a parcela com destinação inadequada ainda é expressiva. De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, o país gerou cerca de 81 milhões de toneladas de resíduos sólidos

urbanos em 2023, dos quais aproximadamente 41% tiveram destinação ambientalmente inadequada, sendo encaminhados a lixões e aterros controlados. Esses números evidenciam a persistência do descarte irregular como problema estrutural, sobretudo em áreas periféricas e de expansão urbana (ABREMA, 2024).

Do ponto de vista legal a gestão dos resíduos sólidos no Brasil é regida pela Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A norma estabelece princípios como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a hierarquia de prioridades na gestão não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada , além de determinar a eliminação dos lixões e de proibir o lançamento de resíduos a céu aberto. O descarte irregular identificado no entorno do campus caracteriza, portanto, uma prática em desacordo com a legislação vigente (BRASIL, 2010).

2.3 Revitalização de Espaços Públicos e Inibição de Descartes (Teoria das Janelas Quebradas)

A teoria das janelas quebradas, formulada por Wilson e Kelling (1982) no campo da criminologia, sustenta que sinais visíveis de desordem em um ambiente urbano comunicam a ausência de controle social e de zelo coletivo sobre aquele espaço. Segundo os autores, uma janela quebrada que permanece sem reparo transmite a mensagem de que ninguém se responsabiliza pelo local, estimulando a reincidência e a escalada de comportamentos infratores. A degradação, portanto, não é apenas consequência do descuido, mas também um sinalizador que induz novas condutas inadequadas (WILSON; KELLING, 1982).

Embora originalmente concebida para explicar a dinâmica da criminalidade, a proposição encontrou validação experimental no campo comportamental. Em seis experimentos de campo, Keizer, Lindenberg e Steg (2008) demonstraram que a presença de sinais de desordem, pichações, lixo disperso e descumprimento visível de normas aumenta significativamente a probabilidade de que os transeuntes cometam novas transgressões, entre elas o próprio ato de descartar resíduos de forma inadequada. Os autores concluíram que a desordem observada enfraquece a norma social vigente e se propaga para outros comportamentos, o que confere sustentação empírica à hipótese de que a degradação ambiental é auto reforçadora (KEIZER; LINDENBERG; STEG, 2008).

Transposta para o objeto deste trabalho, essa lógica explica a dinâmica dos pontos de descarte irregular identificados no entorno do campus. O acúmulo inicial de resíduos junto ao muro atua como norma descritiva, comunicando aos moradores e transeuntes que aquele local

é socialmente tolerado como área de despejo. A ausência de manutenção e de uso efetivo do espaço consolida a percepção de terra de ninguém, de modo que o resíduo já depositado passa a atrair novos descartes, em um processo cumulativo de degradação (WILSON; KELLING, 1982; KEIZER; LINDENBERG; STEG, 2008). Essa percepção de “terra de ninguém” é uma realidade no Campus Ananindeua, onde os trechos junto aos muros, sem uso definido e com vegetação densa, concentram os resíduos registrados em campo.

A eficácia dessa estratégia é corroborada por evidências empíricas robustas. Em ensaio randomizado conduzido em escala municipal na cidade da Filadélfia, Branas et al. (2018) demonstraram que a limpeza e o ajardinamento de terrenos baldios degradados produziram redução estatisticamente significativa nos índices de criminalidade, de violência armada e na sensação de insegurança dos moradores do entorno, quando comparados a terrenos não tratados. O estudo evidencia que intervenções físicas de baixo custo, voltadas à requalificação de espaços residuais, são capazes de reverter o ciclo de degradação descrito pela teoria das janelas quebradas (BRANAS et al., 2018).

Nesse sentido, a literatura indica que atribuir uso cotidiano e manutenção visível a espaços residuais tende a reduzir a reincidência do descarte, ao favorecer a vigilância natural exercida pelos próprios usuários (JACOBS, 2011; NEWMAN, 1972). Essa premissa fundamenta a proposta de intervenção apresentada na seção 4.3, elaborada a partir dos resultados do mapeamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

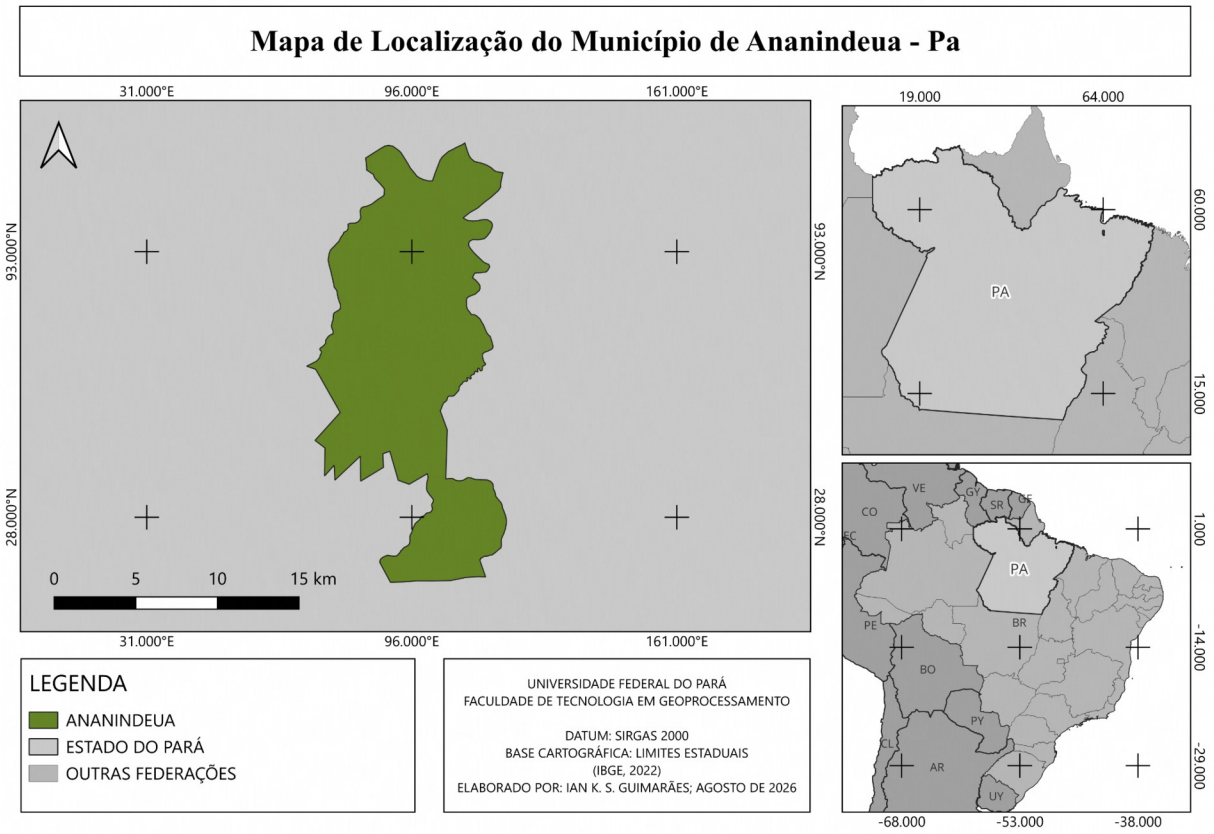
A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza aplicada, com objetivos exploratório-descritivos e abordagem quali-quantitativa, uma vez que associa a mensuração e a localização espacial dos focos de descarte irregular à interpretação qualitativa das condições ambientais e dos padrões de uso do espaço observados em campo (GIL, 2019). O percurso metodológico foi estruturado em quatro etapas sequenciais e complementares: (i) delimitação da área de estudo e planejamento do levantamento; (ii) aerolevantamento com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e geração do ortomosaico; (iii) inspeção terrestre e validação dos alvos identificados; e (iv) processamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e elaboração da proposta de intervenção.

A opção por integrar sensoriamento remoto de alta resolução e verificação in loco decorre da própria natureza do objeto investigado. Resíduos sólidos dispostos irregularmente constituem alvos de pequenas dimensões, frequentemente sombreados ou parcialmente encobertos pela vegetação, o que inviabiliza sua discriminação em imagens orbitais convencionais, cuja resolução espacial é insuficiente para individualizar esse tipo de feição (FLORENZANO, 2011; JENSEN, 2015). O imageamento por VANT, por operar em baixas altitudes, permite alcançar resolução espacial centimétrica e, portanto, identificar isoladamente sacolas, embalagens e pequenos volumes de entulho (NOVO, 2020). Em contrapartida, o produto aéreo isolado não possibilita caracterizar a composição dos resíduos nem detectar feições situadas sob o dossel, razão pela qual a checagem em campo foi adotada como etapa obrigatória de validação (JENSEN, 2015).

3.1 Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Campus Universitário de Ananindeua da Universidade Federal do Pará (UFPA) e em seu entorno, no município de Ananindeua, estado do Pará. O município integra a Região Metropolitana de Belém e figura entre os mais populosos do estado, condição que se traduz em elevada densidade demográfica e em intensa pressão sobre os serviços públicos de limpeza urbana e de coleta de resíduos sólidos (IBGE, 2022). Esse contexto é relevante para o objeto da pesquisa, pois a insuficiência ou a irregularidade da coleta em áreas periféricas tende a favorecer a formação de pontos de descarte clandestino em terrenos vazios, margens de vias e áreas institucionais pouco vigiadas (ABREMA, 2024). A localização do município no estado do Pará é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Localização do Município de Ananindeua no Estado do Pará.



Fonte – Elaborado pelos autores com base na malha municipal do IBGE (2022).

Do ponto de vista físico-ambiental, Ananindeua insere-se no domínio climático equatorial úmido, classificado como Af no sistema de Köppen, caracterizado por temperaturas médias elevadas ao longo de todo o ano, umidade relativa alta e precipitação anual superior a 2.500 mm, sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013). Essas condições interferem diretamente no fenômeno estudado, pois aceleram a decomposição da matéria orgânica, favorecem a formação de chorume e a proliferação de vetores nos pontos de acúmulo e contribuem para o carreamento de resíduos leves pelas águas pluviais. Condicionam, ainda, o próprio levantamento aéreo, restrito a janelas de céu predominantemente claro e vento reduzido.

O recorte espacial adotado compreende o polígono do campus e a faixa de contato entre a área institucional e a malha urbana adjacente, incluindo o perímetro do muro, as vias e os terrenos adjacentes e a porção de floresta situada no interior da universidade. Essa delimitação justifica-se por concentrar as feições de interesse: trechos de baixa circulação de pessoas, com vegetação densa e sem uso cotidiano definido, condição favorável à instalação de pontos de descarte irregular (WILSON; KELLING, 1982; JACOBS, 2011).

3.2 Materiais Utilizados

Os equipamentos e programas empregados nas diferentes etapas da pesquisa estão sintetizados no Quadro 1. A seleção priorizou soluções de baixo custo e de código aberto, condição relevante para a replicabilidade do procedimento por instituições de ensino e por órgãos municipais de gestão ambiental, que frequentemente não dispõem de recursos para o licenciamento de programas proprietários de fotogrametria e de geoprocessamento (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025; OPENDRONEMAP, 2026).

Quadro 1 – Equipamentos, Programas e Respectivas Finalidades.

Recurso	Especificação	Finalidade na pesquisa
VANT	DJI Mini 4 Pro; sensor CMOS de 1/1,3"; imagens de 12 MP (4.032 × 3.024 px); massa inferior a 250 g; receptor GNSS integrado	Aquisição das fotografias aéreas verticais
Dispositivo móvel	Smartphone com câmera digital e receptor GNSS ativo	Registro fotográfico geoetiquetado dos pontos de descarte em campo
WebODM / OpenDroneMap	Programa livre de fotogrametria digital (fluxo SfM-MVS)	Processamento do bloco de imagens e geração do ortomosaico e do Modelo Digital de Superfície
QGIS 4.2.1	Sistema de Informação Geográfica livre e de código aberto	Vetorização, cálculo de áreas, análise espacial e composição dos produtos cartográficos
Bases cartográficas	Malhas municipal e estadual (IBGE, 2022) e imagem de satélite de referência	Contextualização e localização da área de estudo

Fonte – Elaborado pelos autores (2026).

A aeronave utilizada foi o VANT DJI Mini 4 Pro, equipado com sensor CMOS de 1/1,3 polegada, capaz de gerar imagens de até 48 MP e operado neste levantamento no modo de 12 MP. Sua massa máxima de decolagem, inferior a 250 g, enquadra o equipamento na Classe 3 do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94, o que dispensa o cadastro de projeto junto à Agência Nacional de Aviação Civil e simplifica os procedimentos exigidos para a operação (BRASIL, 2017). Ainda assim, os voos observaram as regras de acesso ao espaço aéreo aplicáveis às aeronaves remotamente pilotadas, sendo conduzidos em linha de visada visual, em período diurno e abaixo do limite de altura estabelecido para operações em áreas não controladas (BRASIL, 2020).

3.3 Estratégia de Levantamento de Dados

O levantamento foi dividido em duas escalas complementares: a aérea e a terrestre. A escala aérea permitiu uma visão completa da extensão dos descartes ao longo dos muros e

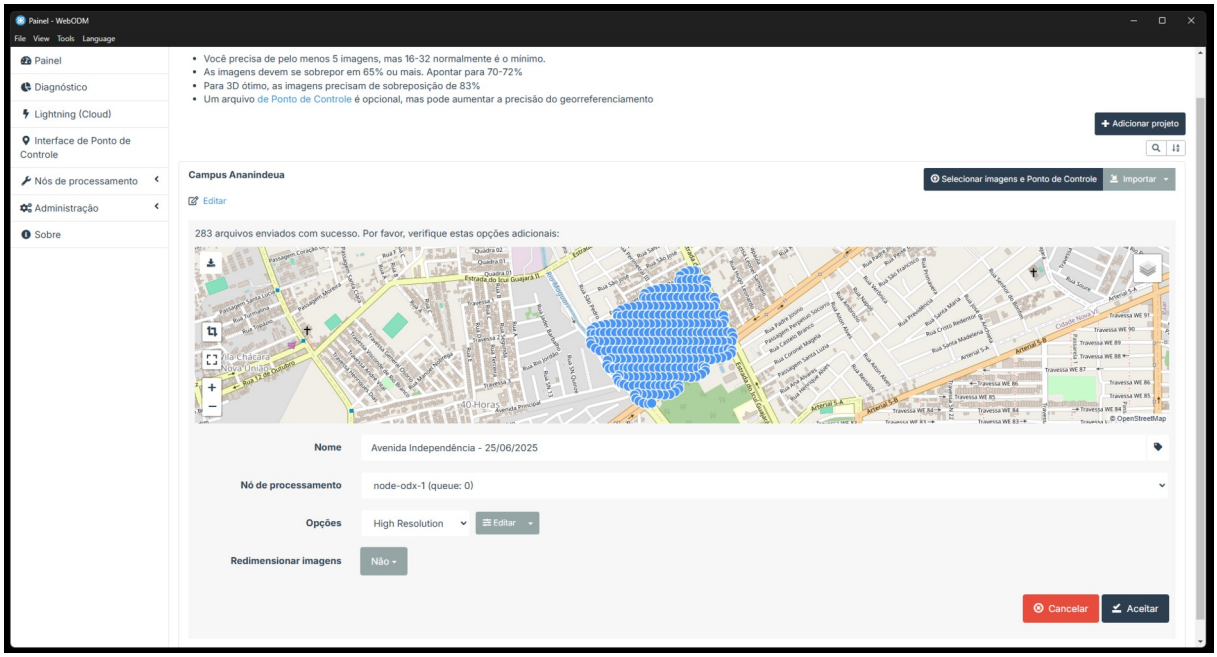
dentro da área de floresta do campus, enquanto o levantamento terrestre focou na caracterização qualitativa dos resíduos e na análise da viabilidade do terreno para a futura implantação de uma área de lazer.

A adoção de escalas complementares responde à limitação recíproca de cada técnica. O ortomosaico fornece a visão sinóptica e a métrica do fenômeno, permitindo delimitar a extensão das manchas de resíduos e sua posição relativa ao muro, às vias e ao fragmento florestal; a inspeção terrestre, por sua vez, fornece os atributos que a imagem não registra, como a composição dos materiais, o volume aparente, o tempo estimado de permanência e as condições de acesso ao ponto (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001; FITZ, 2008). A articulação entre ambas caracteriza um procedimento de verificação de campo, ou ground truth, recomendado em trabalhos de sensoriamento remoto para reduzir erros de interpretação e assegurar a confiabilidade dos alvos mapeados (JENSEN, 2015).

3.4 Aerolevantamento e Mapeamento Digital

O aerolevantamento consiste na aquisição de dados da superfície terrestre por meio de sensores imageadores instalados em plataformas aéreas, entre as quais se incluem os VANT (NOVO, 2020). O voo foi planejado em faixas paralelas, com a câmera em posição nadiral e recobrimento longitudinal e lateral suficiente para que cada ponto do terreno fosse registrado em múltiplas imagens, condição necessária à reconstrução tridimensional por correspondência de pontos homólogos (WOLF; DEWITT, 2000; WESTOBY et al., 2012). A verificação dos metadados das imagens indica espaçamento médio de 20,8 m entre tomadas sucessivas e de 33,2 m entre faixas adjacentes, o que, para um recobrimento individual de 150,0 m × 112,5 m no terreno, corresponde a sobreposição frontal de aproximadamente 83% e lateral de aproximadamente 70%. Esses valores situam-se acima dos mínimos recomendados para áreas com cobertura vegetal densa e textura homogênea, nas quais taxas menores tendem a produzir falhas na nuvem de pontos e descontinuidades no mosaico. A distribuição dos centros de tomada sobre a área de estudo é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição dos centros de tomada das 283 fotografias aéreas na interface do WebODM.



Fonte – Elaborado pelos autores (2026).

Foram adquiridas 283 fotografias aéreas com o VANT DJI Mini 4 Pro, em voo autônomo pré-programado realizado em 25 de junho de 2025, entre 10h47 e 11h01, a uma altura constante de 100 metros em relação ao ponto de decolagem e com a câmera mantida em posição nadiral (ângulo de −90°). O horário foi definido de modo a reduzir o comprimento das sombras projetadas pela vegetação e pelas edificações, fator que compromete a identificação de alvos de pequenas dimensões (FLORENZANO, 2011). As imagens foram registradas no modo de 12 MP, com 4.032 × 3.024 pixels. O receptor GNSS embarcado registrou, nos metadados EXIF de cada imagem, as coordenadas e a altura do ponto de captura, informação indispensável para o georreferenciamento automático do bloco fotogramétrico durante o processamento.

A resolução espacial do produto final é expressa pelo GSD (Ground Sample Distance), que corresponde à dimensão, no terreno, representada por um pixel da imagem. O GSD resulta da relação entre a altura de voo, as dimensões físicas do sensor e a distância focal da câmera, conforme a Equação 1 (COELHO; BRITO, 2007):

$$GSD = (H \times Sw) / (f \times Iw) \qquad (1)$$

em que H é a altura de voo em relação ao terreno, Sw a largura física do sensor, f a distância focal e Iw a largura da imagem em pixels. Nas condições deste levantamento (H = 100 m, f = 6,72 mm, Sw = 10,08 mm e Iw = 4.032 pixels), o GSD nominal das fotografias é de

aproximadamente 3,7 cm por pixel. O ortomosaico final foi gerado com resolução de 5,0 cm por pixel, totalizando 13.117 × 12.613 pixels e recobrindo cerca de 27 hectares. Trata-se de resolução muito superior à das imagens orbitais de uso corrente e suficiente para individualizar sacolas plásticas, garrafas e pequenos volumes de entulho, alvos que seriam indistinguíveis em produtos com resolução métrica ou decamétrica (JENSEN, 2015; NOVO, 2020).

A fotogrametria digital corresponde ao conjunto de técnicas utilizadas para a obtenção de informações métricas e espaciais a partir de fotografias. Segundo Wolf e DeWitt (2000), a fotogrametria permite extrair informações e realizar medições a partir de imagens fotográficas, utilizando a relação geométrica entre as imagens e os objetos representados. No contexto desta pesquisa, o aerolevantamento correspondeu à etapa de aquisição das fotografias aéreas, enquanto a fotogrametria correspondeu ao processamento dessas imagens para a obtenção de um produto cartográfico capaz de representar espacialmente a área levantada. Dessa forma, as fotografias obtidas pelo VANT constituíram a base para a geração do ortomosaico utilizado posteriormente na análise dos pontos de descarte irregular.

O processamento fotogramétrico foi conduzido no WebODM, interface gráfica do projeto OpenDroneMap, distribuído sob licença livre (OPENDRONEMAP, 2026). O programa implementa o fluxo Structure from Motion associado ao Multi-View Stereo (SfM-MVS), no qual a posição e a orientação de cada câmera, bem como a geometria da cena, são estimadas simultaneamente a partir da identificação automática de pontos homólogos entre imagens sobrepostas, dispensando o conhecimento prévio dos parâmetros de orientação exterior (WESTOBY et al., 2012). O processamento compreendeu, sucessivamente: (i) detecção e correspondência de feições entre as imagens; (ii) geração da nuvem de pontos esparsa e ajustamento por feixes de raios; (iii) densificação da nuvem de pontos; (iv) construção da malha triangular e do Modelo Digital de Superfície; e (v) ortorretificação e mosaicagem das imagens, da qual resultou o ortomosaico da área de estudo.

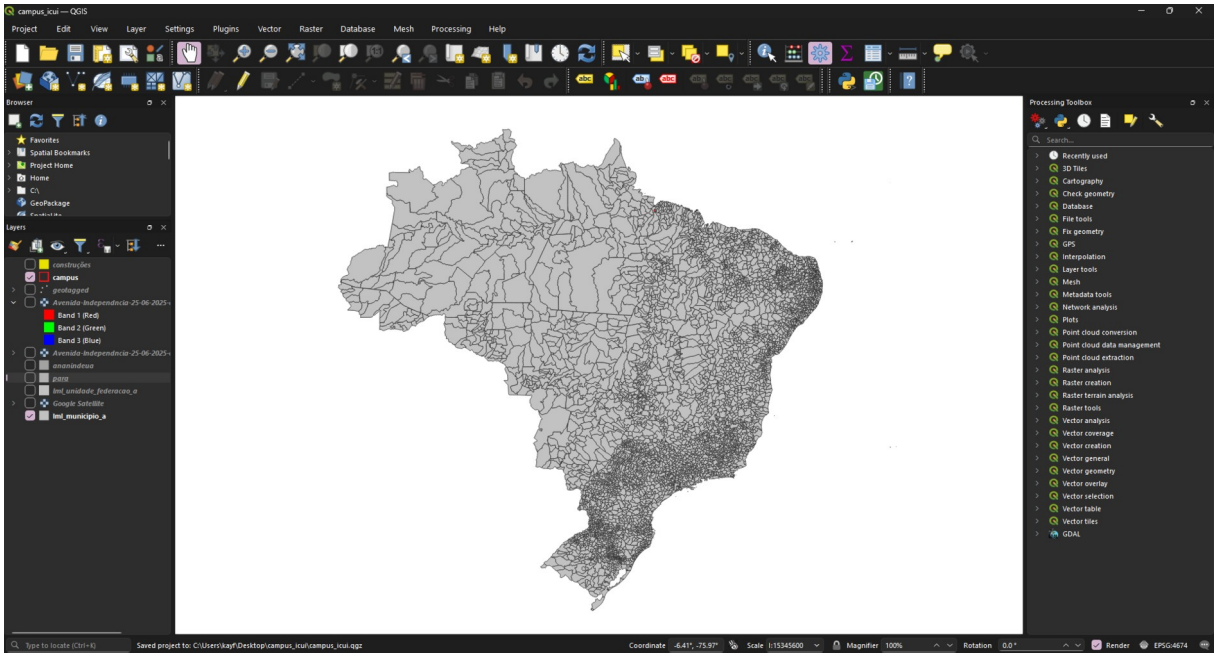
O ortomosaico foi exportado em formato GeoTIFF e adotou-se como sistema de referência o SIRGAS 2000, com projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 22 Sul, em conformidade com o sistema geodésico oficial brasileiro (IBGE, 2005). A escolha do sistema projetado, e não do sistema de coordenadas geográficas, deve-se à necessidade de realizar medições de área e de distância em unidades métricas nas etapas subsequentes de vetorização e de análise espacial (FITZ, 2008).

3.5 Inspeção Terrestre e Validação

Concluído o processamento, procedeu-se à inspeção terrestre, cuja finalidade foi confirmar em campo os alvos identificados no ortomosaico e caracterizar qualitativamente os resíduos encontrados. O percurso abrangeu tanto a área interna do campus quanto a face externa do muro, na vizinhança imediata, uma vez que os focos de descarte se distribuem em ambos os lados do limite institucional e resultam da ação conjunta de usuários da universidade e de moradores do entorno.

Os registros fotográficos foram obtidos com dispositivo móvel dotado de receptor GNSS ativo, de modo que cada fotografia armazenasse, em seus metadados EXIF, as coordenadas geográficas do local de captura. Essas fotografias foram posteriormente importadas para o QGIS por meio da ferramenta de importação de fotografias geoetiquetadas, que converte automaticamente os metadados em uma camada vetorial de pontos e mantém, na tabela de atributos, o vínculo com o respectivo arquivo de imagem (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025). O ambiente de trabalho resultante, com a sobreposição do ortomosaico, do limite do campus, das edificações e da camada de fotografias geoetiquetadas, é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Projeto em ambiente QGIS com as camadas utilizadas na integração dos dados.



Fonte – Elaborado pelos autores (2026).

3.6 Processamento em Ambiente SIG e Planejamento da Intervenção

A etapa final foi conduzida no QGIS, versão 4.2.1, adotado por se tratar de um SIG livre e de código aberto, o que assegura reprodutibilidade dos procedimentos e ausência de custos de

licenciamento (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2025). Todas as camadas foram uniformizadas no sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM 22S, condição necessária para a sobreposição correta entre o ortomosaico, o limite do campus, as edificações e os pontos de descarte, evitando os deslocamentos que decorrem da combinação de dados em sistemas distintos (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Sobre o ortomosaico, as áreas de acúmulo de resíduos foram vetorizadas por interpretação visual em tela, em escala compatível com a resolução do produto, originando feições poligonais cuja área foi calculada pela calculadora de campos do programa. Aos polígonos e aos pontos validados em campo associaram-se os atributos levantados durante a inspeção terrestre, constituindo a base de dados geográfica do trabalho (FITZ, 2008).

A distribuição espacial dos focos foi analisada por meio de estimativa de densidade de Kernel, técnica que converte um conjunto de feições pontuais em uma superfície contínua de intensidade e evidencia os agrupamentos e as áreas de maior concentração de ocorrências (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Utilizou-se o estimador quártico aplicado aos registros fotográficos georreferenciados, com raio de busca de 10 mm na escala do layout (1:3.065), o que equivale a aproximadamente 30,7 m no terreno. Os valores da superfície foram expressos em registros por hectare, de modo a permitir a reprodução da análise e a comparação com levantamentos futuros. O resultado permitiu hierarquizar os setores críticos do campus e de seu entorno e orientar a definição das prioridades de intervenção.

A partir do diagnóstico espacial elaborou-se a proposta de áreas de convivência. Os critérios adotados foram: (i) distribuição dos espaços de uso pelo perímetro do campus, interligados por trilhas a uma praça central, de modo que a circulação de pessoas alcance tanto o setor de maior densidade de descarte quanto os demais trechos junto aos muros; (ii) acessibilidade e visibilidade a partir das vias e dos acessos do campus, favorecendo a vigilância natural exercida pelos próprios usuários (JACOBS, 2011; NEWMAN, 1972); e (iii) mínima supressão de vegetação, com trilhas estreitas, clareiras pequenas e preservação das árvores de maior porte. A definição desses critérios apoia-se na premissa de que a atribuição de uso cotidiano e de manutenção visível a um espaço residual reduz a percepção de abandono que sustenta a reincidência do descarte (WILSON; KELLING, 1982; KEIZER; LINDENBERG; STEG, 2008; BRANAS et al., 2018).

A proposta foi representada como ilustração conceitual desenhada sobre o próprio ortomosaico, mantendo a escala e a posição reais dos elementos, sem caráter de projeto arquitetônico.

Por fim, os produtos cartográficos foram editados no compositor de impressão do QGIS, com a inclusão dos elementos obrigatórios de representação, título, legenda, escala gráfica, indicação da orientação, sistema de referência e fonte dos dados, em conformidade com as convenções da representação cartográfica (FITZ, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

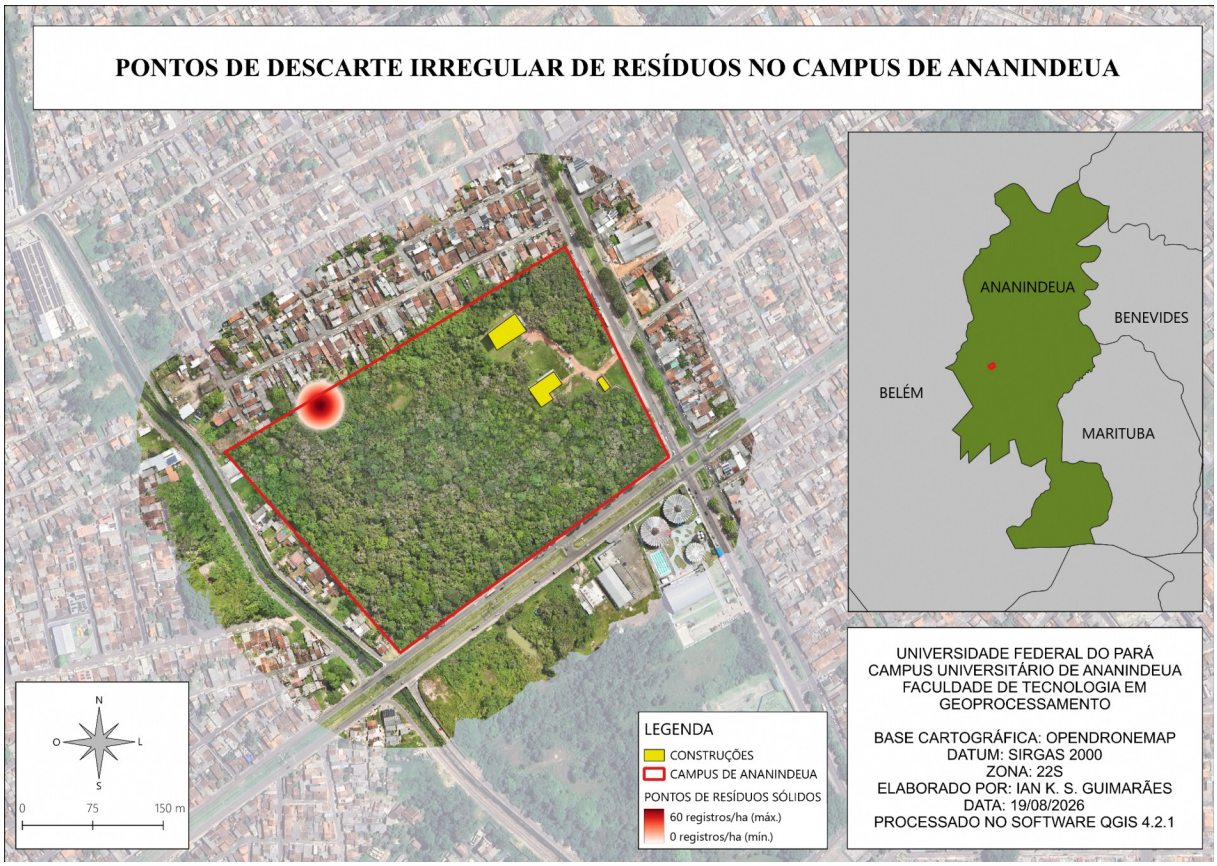
O levantamento realizado por meio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), aliado às visitas *in loco*, possibilitou a obtenção de um ortomosaico de alta resolução da área correspondente ao entorno da Universidade Federal do Pará – Campus Ananindeua. A partir desse produto cartográfico foi possível identificar, localizar e registrar espacialmente os principais pontos de descarte irregular de resíduos sólidos existentes na área de estudo.

O produto cartográfico obtido demonstrou a eficiência da utilização de geotecnologias para o reconhecimento de áreas com descarte irregular de resíduos sólidos, permitindo uma visão ampla da distribuição espacial dos focos identificados e fornecendo informações que subsidiaram a análise ambiental realizada neste estudo.

4.1 Distribuição Espacial dos Pontos de Descarte

Conforme apresentado no mapa de resultados (Figura 4), o levantamento realizado por meio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), complementado pelas visitas *in loco*, permitiu identificar a distribuição espacial dos pontos de descarte irregular de resíduos sólidos no entorno da Universidade Federal do Pará – Campus Ananindeua.

Figura 4 – Pontos de descarte irregular de resíduos sólidos identificados no Campus Universitário de Ananindeua e delimitação da área de estudo.



Fonte – Elaborado pelos autores (2026).

A análise dos dados obtidos evidenciou que os focos de descarte não se encontram distribuídos de maneira homogênea na área estudada. Observou-se maior concentração de resíduos junto ao muro noroeste, que separa o campus das áreas residenciais vizinhas, em local com menor fluxo de pessoas, presença de vegetação densa e reduzida infraestrutura destinada ao descarte adequado, características que favorecem o acúmulo de materiais descartados de forma inadequada.

A estimativa de densidade de Kernel (estimador quártico, com raio de busca de aproximadamente 30,7 m) foi calculada a partir de seis registros fotográficos georreferenciados obtidos em 9 de outubro de 2025, todos situados a menos de 6 m uns dos outros e a cerca de 9 m do muro. A densidade máxima estimada foi de aproximadamente 60 registros por hectare, valor que corresponde à concentração dos seis registros no interior do raio de busca e que decresce até zero na borda da superfície, conforme a legenda da Figura 4. A expressão numérica da legenda permite que o levantamento seja reproduzido e comparado com campanhas futuras, por exemplo para avaliar se a intensidade do descarte nesse setor aumenta ou diminui após eventuais intervenções.

Ressalta-se que a superfície de Kernel representa apenas os pontos efetivamente registrados com coordenadas durante a inspeção terrestre, que se concentrou no setor de maior acúmulo identificado no ortomosaico. Isso não significa que o descarte irregular se restrinja a esse local: os mesmos fatores observados ali (proximidade dos muros de divisa, cobertura vegetal densa e baixo fluxo de pessoas) repetem-se em outros trechos do perímetro do campus, onde a ocorrência de resíduos é provável, mas não foi registrada de forma georreferenciada neste trabalho. Por essa razão, recomenda-se um levantamento sistemático de todo o perímetro, com o registro de cada ocorrência, o que permitirá ampliar a superfície de densidade e identificar novos setores críticos.

As visitas de campo desempenharam papel fundamental na validação das informações obtidas pelas imagens aéreas, possibilitando confirmar a localização dos pontos identificados e registrar suas condições reais. Essa etapa permitiu complementar as informações espaciais fornecidas pelo VANT, tornando a análise mais precisa e confiável.

A integração entre os dados obtidos por sensoriamento remoto e a inspeção em campo demonstrou a eficiência da metodologia empregada, permitindo uma visão ampla da área de estudo e fornecendo subsídios para a caracterização detalhada dos pontos de descarte apresentada na subseção seguinte.

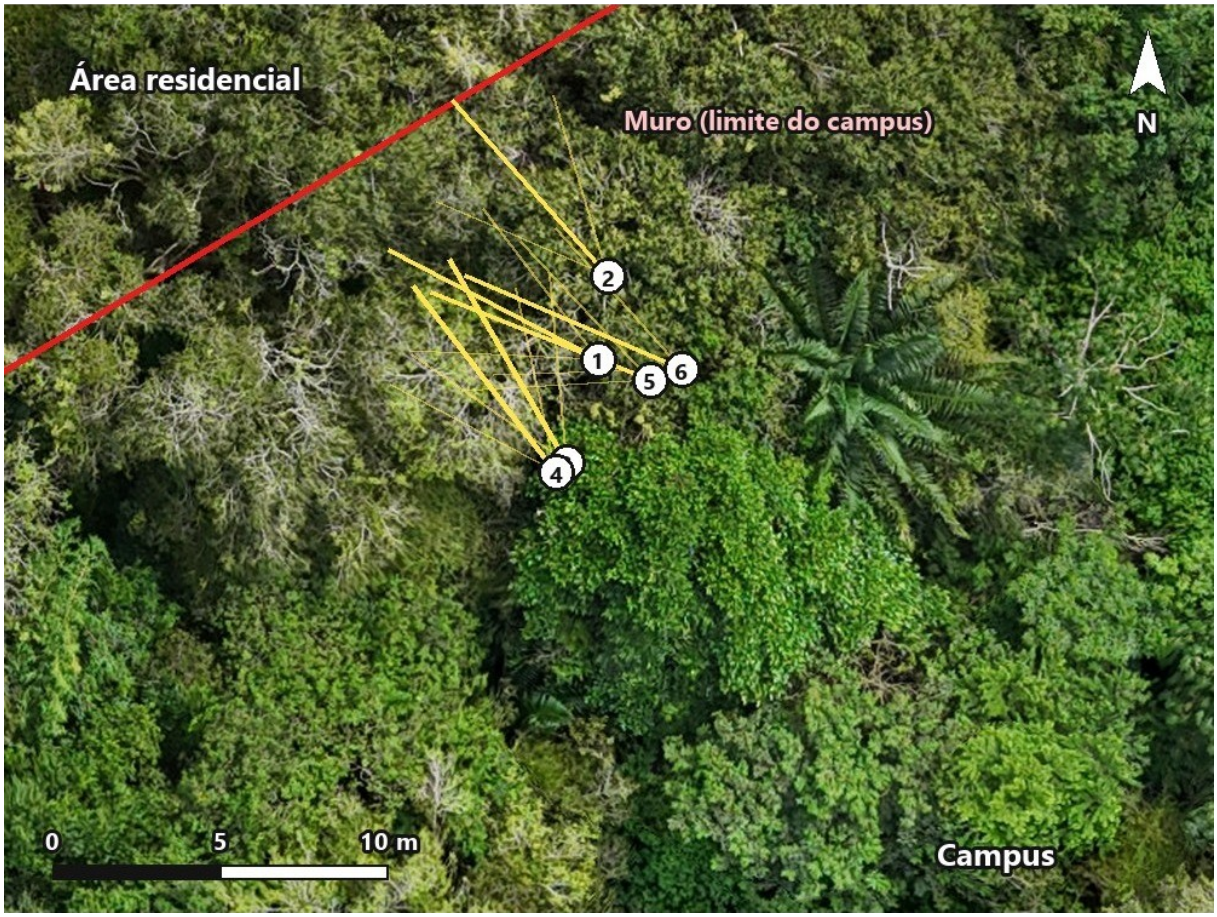
4.2 Caracterização dos Pontos de Descarte

Após a confirmação dos locais por meio das visitas *in loco*, procedeu-se à caracterização dos pontos de descarte irregular identificados durante o levantamento. Em cada ponto foram observados aspectos relacionados ao tipo de resíduo encontrado, às condições do ambiente e às possíveis características que favoreceram a ocorrência do descarte inadequado.

De maneira geral, verificou-se a presença predominante de resíduos recicláveis, como embalagens plásticas, garrafas, copos descartáveis e papel, além de resíduos orgânicos e outros materiais provenientes das atividades desenvolvidas no ambiente universitário. Em alguns locais também foram identificados resíduos depositados diretamente sobre o solo ou próximos à vegetação, contribuindo para a degradação ambiental e comprometendo a qualidade paisagística da área.

A Figura 5 apresenta a localização dos registros fotográficos e a direção de visada de cada fotografia sobre o ortomosaico, e a Figura 6 reúne as fotografias correspondentes, com as coordenadas geográficas gravadas pelo receptor GNSS do dispositivo móvel. As imagens confirmam o acúmulo de resíduos sob o dossel, junto ao muro, em um trecho sem uso definido e de difícil visualização a partir das áreas de circulação do campus.

Figura 5 – Localização e direção de visada dos registros fotográficos georreferenciados.



Fonte – Elaborado pelos autores sobre ortomosaico obtido por VANT (2026).

Figura 6 – Registros fotográficos georreferenciados do ponto de descarte (9 de outubro de 2025).



Fonte – Elaborado pelos autores (2026).

Os registros fotográficos obtidos durante as inspeções em campo possibilitaram documentar as condições observadas em cada ponto, permitindo relacionar as informações registradas pelo levantamento aéreo com a situação encontrada no local. Essa associação contribuiu para uma compreensão mais detalhada da dinâmica do descarte irregular no campus.

Observou-se, ainda, que o ponto de maior concentração se localiza nas proximidades do muro que separa o campus das áreas residenciais vizinhas, o que indica que o descarte resulta da ação conjunta de usuários da universidade e de moradores do entorno. Essas características correspondem às condições descritas pela teoria das janelas quebradas: um espaço residual, sem uso cotidiano e sem vigilância, percebido como “terra de ninguém” (WILSON; KELLING, 1982).

4.3 Proposta de Áreas de Convivência

Com base nos resultados, propõe-se converter espaços residuais e sem uso do campus em áreas de convivência e lazer. Concentrar todas as intervenções junto ao ponto crítico, no entanto, resolveria apenas aquele trecho, e o descarte poderia migrar para outras partes do muro. Por isso, a proposta distribui os espaços de uso pelo perímetro do campus, interligados a uma praça central por trilhas iluminadas, de modo que estudantes, servidores e vizinhos passem a

ocupá-los e a exercer sobre eles a vigilância natural descrita pela literatura, tornando socialmente inviável a manutenção de pontos de descarte em áreas frequentadas e apropriadas pela comunidade (JACOBS, 2011; NEWMAN, 1972).

A proposta é composta por cinco elementos (Figura 7): (1) uma praça central, no interior do fragmento florestal, com bancos, lixeiras de coleta seletiva e iluminação; (2) a revitalização da área afetada, no ponto crítico do muro noroeste, com pátio, bancos, canteiros e um mural pintado no muro; (3) uma academia ao ar livre junto ao muro sudoeste, voltada também à vizinhança; (4) uma horta comunitária junto ao muro sudeste, em local de grande visibilidade a partir da avenida; e (5) trilhas iluminadas que ligam a praça central a esses espaços e à área construída do campus.

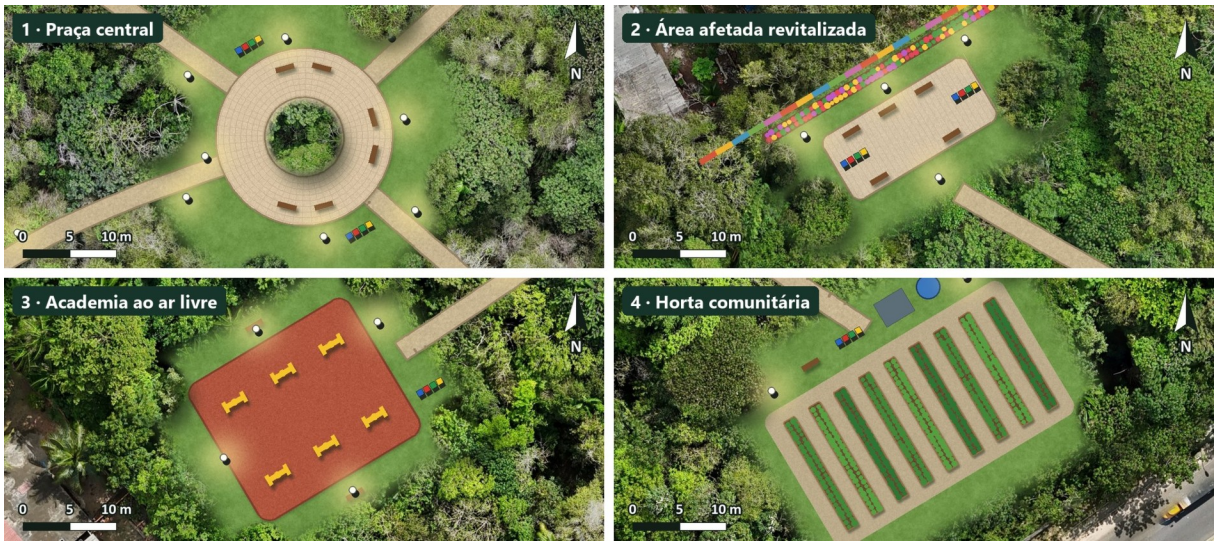
Figura 7 – Proposta ilustrativa de áreas de convivência no Campus Ananindeua: (1) praça central; (2) área afetada revitalizada; (3) academia ao ar livre; (4) horta comunitária; (5) trilhas iluminadas.



Fonte – Elaborado pelos autores sobre ortomosaico obtido por VANT (2026).

A Figura 8 apresenta o detalhamento de cada espaço na resolução original do ortomosaico (5 cm/px). Em todos eles foram mantidas as árvores de maior porte, em atendimento ao critério de mínima supressão de vegetação. Destaca-se que se trata de uma ilustração conceitual, elaborada sobre o produto cartográfico do levantamento, e não de um projeto arquitetônico; sua implantação demandaria estudos específicos de engenharia, paisagismo e licenciamento.

Figura 8 – Detalhamento dos espaços de convivência propostos.



Fonte – Elaborado pelos autores sobre ortomosaico obtido por VANT (2026).

4.4 O Mapeamento como Apoio à Gestão Ambiental

Para as Ciências Ambientais, o diálogo entre tecnologia e gestão proporcionado pelo uso de VANT e SIG demonstra que o mapa vai além de uma percepção visual, atuando como produto de apoio à decisão no âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). O diagnóstico espacial permite que a própria coordenação do Campus Ananindeua planeje intervenções direcionadas aos setores críticos, como o cercamento acima do muro nos trechos de maior reincidência, a ampliação da iluminação, ações de educação ambiental com estudantes e moradores do entorno e a requalificação da paisagem.

Essas medidas são complementares à proposta de áreas de convivência: enquanto o cercamento e a iluminação dificultam o descarte de forma imediata, a ocupação do espaço e a educação ambiental atuam sobre a percepção de abandono que sustenta a reincidência. A repetição periódica do levantamento com VANT, com a mesma metodologia e a legenda quantitativa adotada na Figura 4, permite ainda monitorar a efetividade dessas ações ao longo do tempo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a ocorrência do descarte irregular de resíduos sólidos no Campus Ananindeua da UFPA e em seu entorno, por meio de levantamento com VANT e visitas *in loco*. O ortomosaico de 5 cm/px, gerado a partir de 283 fotografias aéreas, permitiu uma visão ampla da área de estudo, e a inspeção terrestre com registros georreferenciados confirmou a presença de resíduos em locais que as imagens orbitais convencionais não seriam capazes de distinguir.

Os resultados mostraram que o descarte não se distribui de maneira homogênea: a maior concentração registrada ocorre junto ao muro noroeste, na divisa com a área residencial, em trecho de vegetação densa e baixa circulação de pessoas, com predomínio de resíduos recicláveis. Essas condições correspondem à dinâmica descrita pela teoria das janelas quebradas, em que o abandono de um espaço estimula novos descartes.

Todo o fluxo de trabalho foi realizado com programas livres (WebODM e QGIS), o que torna a metodologia de baixo custo e replicável por outras instituições e pelo poder público. A partir do diagnóstico, propôs-se uma rede de áreas de convivência distribuídas pelo perímetro do campus, além de medidas complementares de gestão, como iluminação, cercamento, educação ambiental e requalificação da paisagem.

Como limitação, destaca-se que os registros georreferenciados se concentraram em um único setor. Recomenda-se, em trabalhos futuros, o levantamento sistemático de todo o perímetro do campus e a repetição periódica do aerolevantamento, de modo a ampliar o diagnóstico e monitorar a efetividade das intervenções propostas.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10004: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024. São Paulo: ABREMA, 2024.

BRANAS, Charles C. et al. Citywide cluster randomized trial to restore blighted vacant land and its effects on violence, crime, and fear. Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington, v. 115, n. 12, p. 2946-2951, 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. RBAC-E nº 94: requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Brasília, DF: ANAC, 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. ICA 100-40: aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro. Rio de Janeiro: DECEA, 2020.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001.

COELHO, Luiz; BRITO, Jorge Nunes. Fotogrametria digital. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.

FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Iniciação em sensoriamento remoto. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Resolução PR nº 1, de 25 de fevereiro de 2005: altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 19 ago. 2026.

JACOBS, Jane. Morte e vida de grandes cidades. 3. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

JENSEN, John R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2015.

KEIZER, Kees; LINDENBERG, Siegwart; STEG, Linda. The spreading of disorder. Science, Washington, v. 322, n. 5908, p. 1681-1685, 2008.

LEFF, Enrique. Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder. Petrópolis: Vozes, 2015.

NEWMAN, Oscar. Defensible space: crime prevention through urban design. New York: Macmillan, 1972.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Blucher, 2020.

OPENDRONEMAP. WebODM: user-friendly interface for OpenDroneMap. [S. l.]: OpenDroneMap, 2026. Disponível em: https://www.opendronemap.org. Acesso em: 19 ago. 2026.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS geographic information system. [S. l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2025. Disponível em: https://qgis.org. Acesso em: 19 ago. 2026.

WESTOBY, M. J. et al. “Structure-from-Motion” photogrammetry: a low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, Amsterdam, v. 179, p. 300-314, 2012.

WILSON, James Q.; KELLING, George L. Broken windows: the police and neighborhood safety. The Atlantic Monthly, Boston, v. 249, n. 3, p. 29-38, 1982.

WOLF, Paul R.; DEWITT, Bon A. Elements of photogrammetry: with applications in GIS. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

WORLD BANK. What a Waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. Washington, DC: World Bank, 2018.