

**O AEROLEVANTAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A IMPLEMENTAÇÃO
DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA: O CASO DA ESCOLA NO SOL
NASCENTE**

**AERIAL SURVEY AS A TOOL FOR IMPLEMENTING NATURE-BASED
SOLUTIONS: THE CASE OF THE SCHOOL IN SOL NASCENTE**

**LEVANTAMIENTO AÉREO COMO HERRAMIENTA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA: EL
CASO DE LA ESCUELA EN SOL NASCENTE**

 10.56238/revgeov16n5-160

Valmor Cerqueira Pazos

Mestre em Educação

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Distrito Federal, Brasil

E-mail: pazos@unb.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8268-6514>

Lenildo Santos da Silva

Doutor em Geotecnia

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Distrito Federal, Brasil

E-mail: lenildo@unb.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5099-6123>

Érika Stella Silva Menezes

Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Distrito Federal, Brasil

E-mail: martois.stella@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5351-3753>

Ludmila de Araujo Correia

Doutora em Arquitetura e Urbanismo

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Distrito Federal, Brasil

E-mail: ludmila.correia@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2666-2593>



Beatriz Vicentin Gonçalves

Especialista em Residência Ciência, Tecnologia e Sociedade
Instituição: Universidade de Brasília (UnB)
Endereço: Distrito Federal, Brasil
E-mail: beatriz.vicenting@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-3543-6977>

Mafalda Fabiene Ferreira Pantoja

Doutora em Arquitetura e Urbanismo
Instituição: Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa
Endereço: Distrito Federal, Brasil
E-mail: greg@unb.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5626-1504>

Vânia Raquel Teles Loureiro

Doutora em Arquitetura e Urbanismo
Instituição: Universidade de Brasília (UnB)
Endereço: Distrito Federal, Brasil
E-mail: vanieloureiro@unb.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8092-2440>

Liza Maria Souza de Andrade

Doutora em Arquitetura e Urbanismo
Instituição: Universidade de Brasília (UnB)
Endereço: Distrito Federal, Brasil
E-mail: liza@unb.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6624-4628>

RESUMO

Este artigo discute o papel do aerolevante com drones como ferramenta estratégica para a implementação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN), tomando como estudo de caso a região de entorno de uma escola pública no setor habitacional Sol Nascente, em Ceilândia (DF), território marcado por vulnerabilidade socioambiental e déficit de infraestrutura verde. O levantamento aéreo gerou produtos técnicos de alta precisão, como ortomosaicos, modelos digitais de superfície (MDS) e de elevação (MDE), que forneceram informações necessárias para as etapas de planejamento espacial de ações mitigadoras. A pesquisa articulou tecnologia geoespacial, planejamento participativo e literatura crítica sobre urbanização e justiça socioambiental, demonstrando que a integração entre dados técnicos e demandas comunitárias favorece a adaptação climática, o desenho de espaços educativos resilientes e o fortalecimento do vínculo entre escola, comunidade e território. Os resultados indicam o caráter replicável da metodologia, alinhada às diretrizes nacionais de educação ambiental e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O levantamento aéreo gerou produtos técnicos de alta precisão, como ortomosaicos, modelos digitais de superfície (MDS) e de elevação (MDE), obtidos a partir de 802 imagens capturadas por VANT multirrotor a 58,9 m de altitude, com resolução espacial de 2 cm/pixel e acurácia horizontal inferior a 5 cm. Esses produtos subsidiaram a análise territorial e a proposição de intervenções sustentáveis, considerando a implementação de Soluções Baseadas na Natureza incluindo hortas pedagógicas, corredores verdes drenantes e jardins de chuva.



Palavras-chave: Aerolevantamento. Soluções Baseadas na Natureza. Escola Pública. Sol Nascente. Planejamento Urbano Sustentável.

ABSTRACT

This article discusses the role of drone-based aerial surveying as a strategic tool for the implementation of Nature-Based Solutions (NbS), using as a case study the area surrounding a public school located in the Sol Nascente housing sector, in Ceilândia (Federal District, Brazil)—a territory characterized by socio-environmental vulnerability and a deficit of green infrastructure. The aerial survey produced high-precision technical outputs, such as orthomosaics, Digital Surface Models (DSM), and Digital Elevation Models (DEM), which provided essential information for the spatial planning stages of mitigation actions. The research integrated geospatial technology, participatory planning, and critical literature on urbanization and socio-environmental justice, demonstrating that the combination of technical data and community demands fosters climate adaptation, the design of resilient educational spaces, and the strengthening of the relationship between school, community, and territory. The results highlight the replicable nature of the methodology, which is aligned with national guidelines for environmental education and the Sustainable Development Goals (SDGs). The aerial survey produced high-precision technical products, including orthomosaics, DSMs, and DEMs, derived from 802 images captured by a multirotor UAV at an altitude of 58.9 m, with a spatial resolution of 2 cm/pixel and horizontal accuracy of less than 5 cm. These products supported territorial analysis and the proposal of sustainable interventions, considering the implementation of Nature-Based Solutions such as educational gardens, green drainage corridors, and rain gardens.

Keywords: Aerial Survey. Nature-based Solutions. Public School. Sol Nascente. Sustainable Urban Planning.

RESUMEN

Este artículo analiza el papel del levantamiento aéreo con drones como herramienta estratégica para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), tomando como estudio de caso el entorno de una escuela pública ubicada en el sector habitacional Sol Nascente, en Ceilândia (Distrito Federal, Brasil), un territorio caracterizado por su vulnerabilidad socioambiental y el déficit de infraestructura verde. El levantamiento aéreo generó productos técnicos de alta precisión, tales como ortomosaicos, Modelos Digitales de Superficie (MDS) y Modelos Digitales de Elevación (MDE), que proporcionaron información esencial para las etapas de planificación espacial de las acciones de mitigación. La investigación articuló tecnología geoespacial, planificación participativa y literatura crítica sobre urbanización y justicia socioambiental, demostrando que la integración entre los datos técnicos y las demandas comunitarias favorece la adaptación climática, el diseño de espacios educativos resilientes y el fortalecimiento del vínculo entre escuela, comunidad y territorio. Los resultados señalan el carácter replicable de la metodología, alineada con las directrices nacionales de educación ambiental y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El levantamiento aéreo generó productos técnicos de alta precisión, incluidos ortomosaicos, MDS y MDE, obtenidos a partir de 802 imágenes capturadas por un VANT multirrotor a 58,9 m de altitud, con una resolución espacial de 2 cm/píxel y una precisión horizontal inferior a 5 cm. Estos productos sirvieron de base para el análisis territorial y la proposición de intervenciones sostenibles, considerando la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza tales como huertos pedagógicos, corredores verdes drenantes y jardines de lluvia.

Palabras clave: Levantamiento Aéreo. Soluciones Basadas en la Naturaleza. Escuela Pública. Sol Nascente. Planificación Urbana Sostenible.



1 INTRODUÇÃO

A intensificação da urbanização em áreas periféricas do Distrito Federal, marcada pelo crescimento acelerado e, muitas vezes, desordenado, tem produzido um conjunto de desafios socioambientais. Dentre eles destacam-se a expansão de ocupações precárias, a ausência de infraestruturas verdes, a vulnerabilidade diante de eventos climáticos extremos e as dificuldades de acesso a equipamentos urbanos básicos. Estudos recentes em áreas de urbanização precária do Distrito Federal apontam que o aumento da impermeabilização e a ausência de sistemas de drenagem adequados intensificam a ocorrência de alagamentos e processos erosivos. No Sol Nascente, simulações hidrológicas demonstraram que a aplicação de trincheiras de infiltração pode reduzir em até 50% o escoamento superficial, evidenciando o potencial dessas estruturas como solução resiliente frente à emergência climática (CARVALHO et al., 2024).

O Setor Habitacional Sol Nascente, localizado na Região Administrativa do Sol Nascente/Pôr-do-Sol, no Distrito Federal (DF), consolidou-se como a maior favela urbanizada da América Latina, com mais de 240 mil habitantes (IBGE, 2022), revelando a complexidade das dinâmicas sociais e territoriais que marcam os espaços de moradia popular no país.

Nesse contexto, a implantação de equipamentos educacionais, como escolas, não pode restringir-se ao fornecimento de infraestrutura física tradicional. Ela deve considerar a dimensão ambiental, cultural e comunitária, de modo a integrar natureza e sociedade em projetos que promovam resiliência urbana e justiça socioambiental. As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) surgem como abordagem estratégica nesse processo, pois conciliam benefícios ecológicos, como regulação térmica, aumento da permeabilidade do solo e promoção da biodiversidade, com impactos sociais e pedagógicos, como a valorização do território e o fortalecimento dos vínculos comunitários (Cohen-Shacham et al., 2016; Kabisch et al., 2017). No Distrito Federal, o Laboratório Periférico da FAU/UnB vem desenvolvendo planos comunitários de gestão e redução de riscos em assentamentos vulneráveis, em parceria com o Ministério das Cidades, no âmbito do Programa Periferia Sem Risco. Essas ações buscam integrar estratégias de adaptação às mudanças climáticas por meio da aplicação de Soluções Baseadas na Natureza, com ênfase na mobilização comunitária e na gestão participativa do risco (ANDRADE et al., 2024).

A experiência do Laboratório Periférico da FAU/UnB, desenvolvida no âmbito do Programa Periferia Viva, demonstra a aplicação de Soluções Baseadas na Natureza em assentamentos urbanos vulneráveis, articulando desenho urbano sensível à água e participação comunitária (ANDRADE et al., 2025). A literatura recente tem ressaltado que a SbN deve ser compreendida não apenas como alternativa de mitigação dos impactos ambientais, mas como vetor de transformação territorial e social, especialmente em territórios vulneráveis (Carvalho et al., 2023; Sarmiento e Páramo, 2020). Aplicadas ao ambiente escolar, essas soluções podem criar espaços educativos mais saudáveis, inclusivos e



adaptados às mudanças climáticas (Dadvand et al., 2015).

Para subsidiar a adoção de SbN em contextos periféricos, o uso de tecnologias geoespaciais, como o aerolevanteamento com drones, apresenta-se como recurso fundamental. Os produtos gerados: ortomosaicos, modelos digitais de elevação e superfícies, nuvens de pontos e curvas de nível, permitem identificar fluxos de água, áreas de vegetação, ilhas de calor e potenciais zonas de intervenção sustentável. Além de facilitarem um levantamento minucioso das condições do local, oferecem dados de alta precisão que podem corrigir inconsistências de bases oficiais, comuns em áreas em processo de regularização, como o Sol Nascente, onde registros de pavimentação e uso do solo nem sempre refletem a realidade local. Assim, este artigo discute o papel do aerolevanteamento como ferramenta estratégica para a implementação de SbN em ambientes escolares, tendo como estudo de caso a Escola localizada no Sol Nascente, no DF.

A investigação articula tecnologia geoespacial, planejamento participativo e literatura crítica sobre urbanização e meio ambiente, buscando demonstrar como a integração entre dados técnicos e demandas comunitárias pode fortalecer a adaptação climática e a resiliência urbana em territórios vulneráveis.

Este artigo busca evidenciar como o uso de tecnologias de aerolevanteamento pode fortalecer a integração entre análise territorial e planejamento participativo em ambientes escolares periféricos. Destaca-se que a utilização de imagens aéreas atualizadas é especialmente relevante em territórios como o Sol Nascente, onde as bases cartográficas oficiais costumam apresentar defasagens em relação à rápida transformação urbana. Assim, o aerolevanteamento com drones permite corrigir lacunas de informação e subsidiar decisões mais precisas para o planejamento de Soluções Baseadas na Natureza.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) têm se consolidado como uma abordagem estratégica no enfrentamento das mudanças climáticas e na promoção da sustentabilidade urbana. Definidas pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) como ações inspiradas e apoiadas pela natureza para responder a desafios sociais, as SbN integram benefícios ambientais, econômicos e sociais de forma sinérgica (COHEN-SHACHAM et al., 2016). Autores como Kabisch et al. (2017) destacam que essas soluções são particularmente relevantes em áreas urbanas, pois contribuem para mitigação de ilhas de calor, incremento da biodiversidade e fortalecimento da resiliência territorial.

No campo educacional, a literatura tem apontado que a presença de ambientes verdes promove impactos diretos no aprendizado e no bem-estar de crianças e jovens. Estudos demonstram ganhos cognitivos, melhorias na saúde mental e maior engajamento comunitário em escolas que incorporam áreas verdes em seus projetos (DADVAND et al., 2015; CHAWLA, 2015). Bowler et al. (2010) reforçam que a arborização urbana está associada a efeitos microclimáticos positivos, como redução



de temperaturas e maior conforto térmico, aspectos diretamente vinculados à qualidade do ambiente escolar. Dessa forma, integrar SbN ao espaço educativo extrapola a dimensão ecológica, articulando-se também a práticas pedagógicas críticas e participativas.

Entretanto, a aplicação de SbN em territórios periféricos demanda atenção especial. Nessas áreas, marcadas por desigualdade socioespacial, carência de infraestrutura e maior vulnerabilidade a eventos extremos, as SbN devem ser compreendidas como instrumentos de justiça socioambiental. Sarmiento e Páramo (2020) ressaltam que, em contextos latino-americanos, essas soluções não podem ser vistas apenas como ferramentas técnicas, mas como meios de transformação social e territorial. No Brasil, Santos e Araújo (2021) apontam que, embora haja potencial para mitigação de riscos e valorização de recursos naturais, persistem limitações ligadas à ausência de políticas públicas consistentes, custos de manutenção e falta de continuidade em ações comunitárias.

Nesse cenário, o uso de tecnologias geoespaciais, como o aerolevanteamento com drones, emerge como recurso metodológico inovador. Ao produzir dados de alta precisão ortomosaicos, modelos digitais de superfície, curvas de nível, essas tecnologias oferecem não apenas subsídios técnicos, mas também a possibilidade de contestar bases oficiais muitas vezes desatualizadas em áreas em processo de regularização, como o Sol Nascente. Mais do que um instrumento técnico, o aerolevanteamento adquire relevância quando articulado a processos participativos e de escuta ativa da comunidade, ampliando a legitimidade das intervenções (PAZOS et al., 2024). Silva, Oliveira e Pereira (2023) destacam que a tecnologia, quando mediada pelo diálogo comunitário, fortalece a corresponsabilidade na gestão do território, ampliando a eficácia das SbN.

Portanto, o referencial teórico que sustenta este estudo aponta para a necessidade de compreender as SbN como ferramentas híbridas, que conciliam técnica, ecologia e participação social. A integração entre natureza, educação e inovação tecnológica, quando aplicada em territórios vulneráveis, transcende a dimensão ambiental e se consolida como caminho para a promoção de pertencimento, resiliência e transformação social.

3 METODOLOGIA

O estudo adotou uma abordagem metodológica baseada em aerolevanteamento com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), integrando protocolos de fotogrametria digital e análise geoespacial orientada por critérios de Soluções Baseadas na Natureza (SbN). A metodologia adota princípios da assessoria sociotécnica e da pesquisa-ação participativa, inspirada nas etapas aplicadas no Plano Comunitário de Gestão e Redução de Riscos do Sol Nascente, que articulam o conhecimento técnico e o saber comunitário em processos integrados de diagnóstico, planejamento e proposição de soluções baseadas na natureza (ANDRADE et al., 2024).

O voo foi realizado a 58,9 m de altitude, totalizando 802 imagens capturadas com sobreposição



frontal de 80% e lateral de 70%. As imagens foram adquiridas por meio de uma aeronave multirrotor equipada com câmera RGB de 20 MP, sensor CMOS de 1 polegada e distância focal de 8,8 mm, assegurando resolução espacial de 2 cm/pixel. O planejamento de voo foi elaborado em software dedicado, com controle automático de trajetória, garantindo regularidade na captura.

Figura 1: Planejamento de voo fotogramétrico com trajetória automatizada e sobreposição controlada das imagens



Fonte: Dados dos autores, 2025.

O

processamento fotogramétrico foi conduzido no Agisoft Metashape Professional, envolvendo as seguintes etapas:

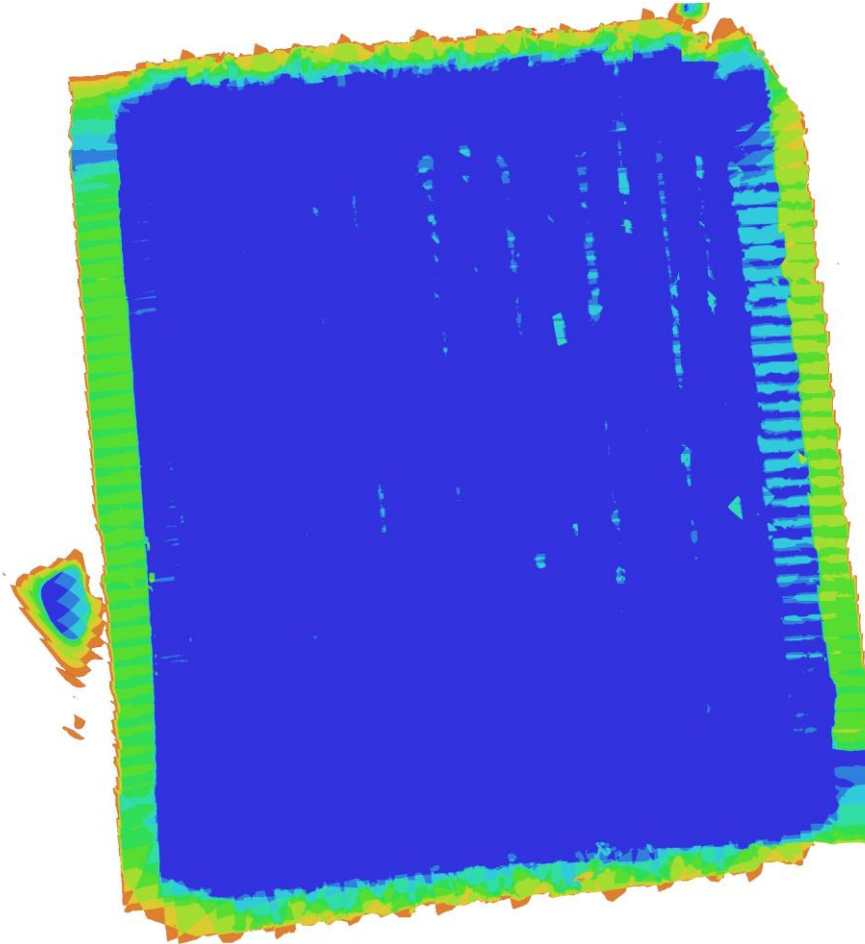
- a) alinhamento das imagens com geração de nuvem de pontos esparsa;
- b) construção da nuvem de pontos densa, com mais de 231 milhões de pontos;
- c) modelagem digital: geração do Modelo Digital de Superfície (MDS) e do Modelo Digital de Elevação (MDE);
- d) produção do ortomosaico georreferenciado, com acurácia centimétrica;
- e) extração de curvas de nível com equidistância de 0,5 m.

Para garantir a confiabilidade dos produtos, foram utilizados Pontos de Controle em Terra (GCPs) coletados com receptor GNSS de dupla frequência (L1/L2), processados em relação à rede geodésica oficial (IBGE). Essa etapa assegurou precisão horizontal inferior a 5 cm e vertical inferior a



10 cm, conforme recomendações da ASPRS (2015) e da ICAO (2019) para levantamentos cartográficos de alta precisão.

Figura 2 – Densa nuvem de pontos gerada a partir do processamento fotogramétrico no software Agisoft Metashape Professional



Fonte: Dados dos autores (2025).

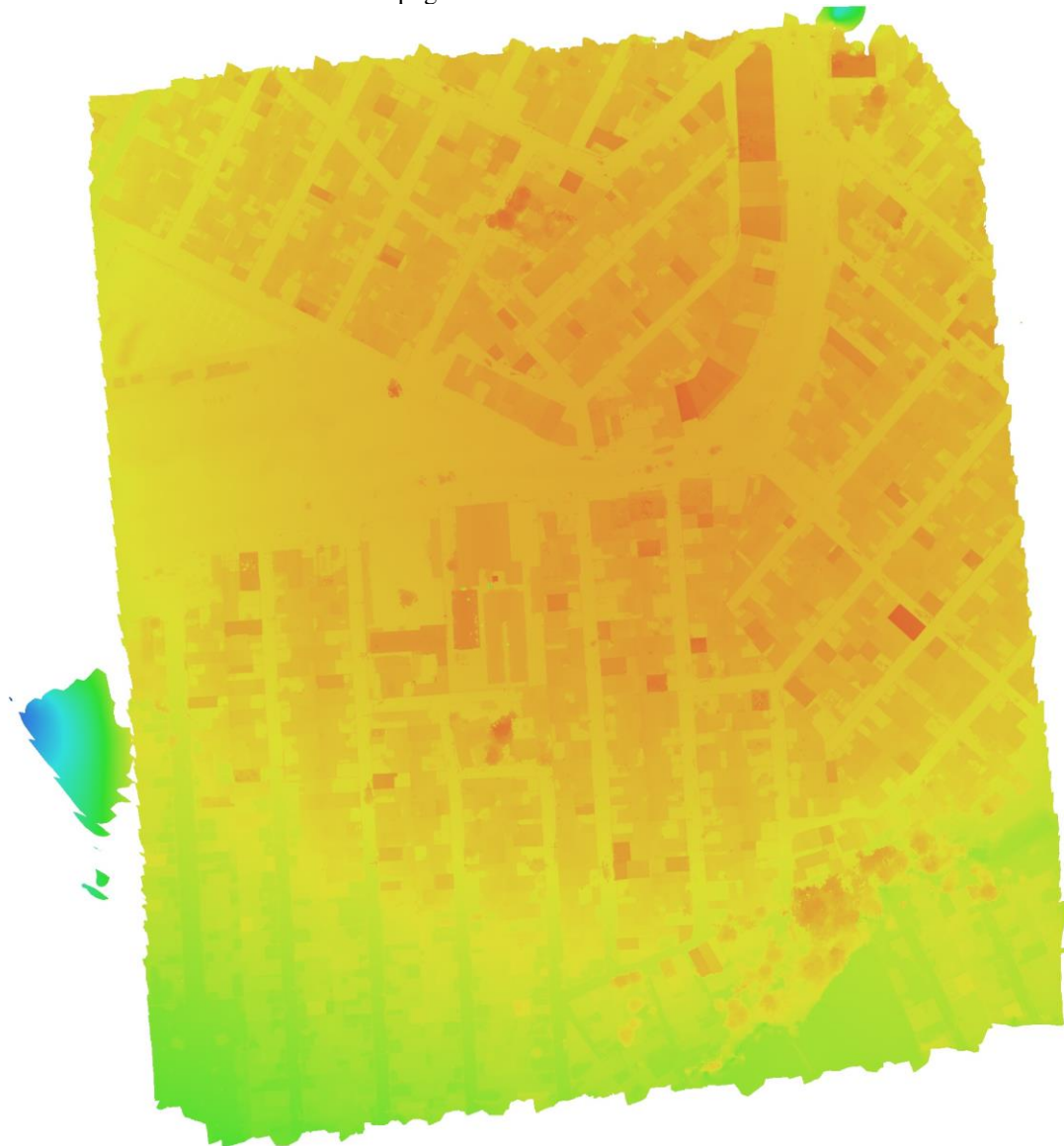
A análise dos produtos foi orientada por critérios de SbN, considerando:

- a) drenagem natural e dinâmica hídrica (identificação de áreas de acúmulo e escoamento superficial);
- b) cobertura vegetal e fragmentos arbóreos (potencial para sombreamento e mitigação de ilhas de calor);
- c) áreas com possibilidade de reflorestamento e hortas comunitárias;
- d) espaços de convivência escolar ao ar livre.

Para subsidiar a proposição de infraestruturas verdes, adotou-se abordagem semelhante à modelagem hidrológica desenvolvida para o trecho 3 do Sol Nascente, que empregou o software PCSWMM na simulação de diferentes cenários de drenagem urbana, avaliando a eficiência das trincheiras de infiltração na redução de vazões de pico (CARVALHO et al., 2024).



Figura 3 - Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital de Elevação (MDE) com extração de curvas de nível e análise topográfica da área da Escola P Norte



Fonte: Dados dos autores (2025).

A imagem a seguir evidencia a precisão e a atualização proporcionadas pelo aerolevanteamento, permitindo identificar equipamentos públicos, áreas permeáveis, vegetação existente e novas edificações que não aparecem nas bases oficiais.

Figura 4 - Comparativo entre base cartográfica oficial (trecho à esquerda) e imagem de drone no Sol Nascente-DF (trecho à direita)



Fonte: Dados dos autores (2025).

A sobreposição entre o ortomosaico produzido e a base cartográfica oficial (Google Satélite) revela a diferença de precisão e atualização entre as fontes. As imagens de drone permitem visualizar as transformações urbanas recentes, como a pavimentação de vias e a instalação de novos equipamentos públicos, dados fundamentais para orientar o planejamento das SbN.

Adotou-se, portanto, a metodologia semelhante à aplicada no projeto de urbanismo participativo do Dorothy Stang, fundamentada nos princípios do desenho urbano sensível à água e nas dimensões da sustentabilidade urbana (ANDRADE et al., 2025).

Além da dimensão técnica, a metodologia incluiu um processo participativo com gestores escolares, professores e comunidade local. Foram realizados diálogos e reuniões, buscando alinhar os dados técnicos com as demandas sociais e culturais. Essa integração garantiu maior aderência das propostas ao contexto do Sol Nascente, em consonância com metodologias já aplicadas em projetos como a Casa da Mulher Indígena (CAMI) (Pazos et al., 2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processamento fotogramétrico e a análise geoespacial permitiram evidenciar um conjunto de aspectos fundamentais para a integração entre aerolevantamento e Soluções Baseadas na Natureza (SbN) no espaço escolar do Sol Nascente. O Modelo Digital de Elevação (MDE) identificou áreas críticas de escoamento superficial e pontos de acúmulo de água pluvial, indicando a necessidade de implantação de jardins de chuva e sistemas de infiltração natural. Essas estratégias, amplamente reconhecidas como soluções eficientes em contextos urbanos vulneráveis, contribuem tanto para a



mitigação de alagamentos quanto para a recarga hídrica, fortalecendo a resiliência da infraestrutura escolar (SARMIENTO; PÁRAMO, 2020).

As imagens de alta resolução evidenciaram a heterogeneidade do território escolar e de seu entorno, permitindo distinguir padrões de adensamento, áreas permeáveis e fragmentos de vegetação remanescente. Essa leitura detalhada orientou a priorização das áreas de intervenção, destacando os locais mais adequados para a implantação de jardins de chuva, corredores verdes drenantes e espaços de convivência sombreada. O comparativo entre as bases cartográficas oficiais com as imagens obtidas por drone, reforça a importância de dispor de informações atualizadas para o planejamento das Sbn.

A imagem a seguir evidencia a delimitação da Escola P Norte e de seu entorno imediato, destacando áreas permeáveis, calçadas existentes e fragmentos arbóreos identificados com maior precisão a partir do aerolevantamento.

Figura 5 - Mapeamento detalhado da área da Escola P Norte e entorno imediato no Trecho 02 do Sol Nascente (DF) com destaque para áreas permeáveis, vegetação e calçadas existentes



Fonte: Dados dos autores (2025).

A Figura 5 ilustra o recorte específico da Escola P Norte, onde o aerolevantamento possibilitou detalhar com precisão a relação entre o edifício escolar, as vias adjacentes e as áreas livres disponíveis para implantação de Soluções Baseadas na Natureza. A representação das áreas permeáveis e dos fragmentos arbóreos existentes subsidiou o desenho de estratégias de drenagem natural, sombreamento e recomposição vegetal, fortalecendo o potencial do espaço escolar como polo de sustentabilidade e educação ambiental.

O ortomosaico de alta resolução também possibilitou a identificação de cobertura arbórea com grande potencial de integração às estratégias de sombreamento e mitigação das ilhas de calor, problema recorrente em territórios densamente ocupados. Estudos demonstram que a arborização de espaços



escolares promove regulação microclimática e impacta positivamente o desempenho cognitivo e a saúde das crianças (DADVAND et al., 2015; BOWLER et al., 2010). No caso específico da escola estudada, a preservação e o fortalecimento da vegetação existente se mostram essenciais para ampliar o conforto térmico, favorecer atividades pedagógicas ao ar livre e reduzir os efeitos das mudanças climáticas locais.

A análise integrada entre topografia, uso atual do solo e demandas comunitárias revelou ainda a viabilidade de implantação de hortas pedagógicas e comunitárias, corredores verdes drenantes e espaços de aprendizagem ao ar livre. Essas propostas dialogam com o conceito de Soluções Comunitárias Baseadas na Natureza (MMA; ATELIÊ NAVIO; REDE BRASILEIRA DE URBANISMO COLABORATIVO, 2024), que valoriza a inserção ativa da comunidade — incluindo estudantes no processo de concepção e gestão das intervenções. Ao associar sustentabilidade ambiental, segurança alimentar e educação crítica, essas iniciativas ampliam os benefícios sociais do projeto e reforçam o vínculo entre escola e território.

Além do uso técnico, as imagens aéreas foram incorporadas às atividades pedagógicas da escola. Oficinas realizadas com os professores permitiram capacitá-los na leitura do território a partir dos ortomosaicos produzidos, relacionando as áreas de risco, vegetação e fluxos de água às experiências cotidianas dos estudantes. Essa prática favorece o aprendizado e o fortalecimento do vínculo entre educação urbanístico-ambiental e a realidade local.

Outro aspecto relevante foi a articulação entre os dados técnicos e a participação comunitária. Assim como no caso da Casa da Mulher Indígena (CAMI), verificou-se que a escuta ativa de professores, estudantes e moradores fortalece a legitimidade das propostas e assegura sua continuidade (PAZOS et al., 2024). Esse alinhamento confirma a perspectiva de Silva, Oliveira e Pereira (2023), segundo a qual a tecnologia, quando mediada pelo diálogo comunitário, amplia a eficácia do planejamento territorial e promove corresponsabilidade na gestão do espaço.

A redução do escoamento superficial observada nas simulações hidrológicas confirma o papel das trincheiras de infiltração como mecanismos eficazes de retenção e infiltração da água da chuva, mitigando riscos de alagamentos e erosões e contribuindo para o aumento da resiliência socioambiental das comunidades periféricas (CARVALHO et al., 2024).

De modo geral, os resultados demonstram que a convergência entre dados geoespaciais de alta precisão e processos participativos confere robustez às Sbn implementadas em escolas periféricas. Mais do que intervenções técnicas, as soluções identificadas configuram instrumentos de justiça socioambiental, capazes de transformar o espaço escolar em um território de resiliência, pertencimento e cuidado coletivo.



Dessa forma, o aerolevante não apenas subsidiou tecnicamente as propostas de SbN, mas também se consolidou como instrumento de leitura crítica do território e de construção coletiva do conhecimento ambiental.

5 DISCUSSÃO CRÍTICA: LIMITAÇÕES E PERSPECTIVA DE ESCALABILIDADE

Apesar do potencial demonstrado, a adoção do aerolevante como suporte à implementação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) em contextos escolares periféricos apresenta algumas limitações que merecem análise crítica.

Em primeiro lugar, os custos operacionais e de manutenção dos equipamentos ainda representam um obstáculo significativo para a ampla difusão da metodologia. Embora os drones tenham se tornado mais acessíveis, a aquisição de aeronaves com sensores de alta precisão, o licenciamento junto a órgãos reguladores e os softwares de processamento fotogramétrico demandam investimentos consideráveis. Em escolas públicas, especialmente em territórios vulneráveis, a sustentabilidade financeira da aplicação dessa tecnologia depende de parcerias institucionais, editais de fomento e articulação intersetorial.

Outro ponto a destacar é a necessidade de capacitação técnica. A operação de drones, a aplicação de protocolos de fotogrametria e a interpretação dos produtos gerados exigem profissionais qualificados, que muitas vezes não estão disponíveis no quadro de gestores e professores. Assim, a replicabilidade da metodologia depende da formação de equipes interdisciplinares, envolvendo universidades, órgãos públicos e a própria comunidade escolar, de modo a ampliar a apropriação social da tecnologia. Esse é um passo importante para a democratização do planejamento territorial, transformando a comunidade escolar em agente ativo da produção e do uso de dados ambientais.

Além disso, persistem barreiras institucionais e normativas. A integração entre tecnologia geoespacial e políticas educacionais e ambientais nem sempre é linear, encontrando entraves na burocracia administrativa, na fragmentação das políticas públicas e na ausência de diretrizes específicas para o uso de tecnologias emergentes em contextos escolares. Essas barreiras podem retardar a implementação das SbN identificadas e fragilizar a continuidade das ações.

A análise crítica, entretanto, aponta também perspectivas de escalabilidade. A metodologia demonstrada no Sol Nascente tem caráter replicável, mas para ser aplicada em maior escala é necessário estabelecer redes colaborativas entre escolas, universidades e órgãos governamentais, de modo a compartilhar infraestrutura tecnológica e expertise. Ademais, a construção de protocolos simplificados de aplicação e capacitação comunitária pode reduzir custos, ampliar a apropriação local e garantir maior impacto social.

Portanto, embora a pesquisa evidencie resultados promissores, é fundamental reconhecer que a efetividade e a expansão da abordagem dependem de investimentos contínuos, formação técnica e



superação de barreiras institucionais. A consolidação do aerolevanteamento como ferramenta estratégica para SbN em escolas públicas periféricas exige, assim, não apenas rigor técnico, mas também políticas públicas consistentes, financiamento estável e engajamento comunitário.

6 CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que o aerolevanteamento com drones constitui uma ferramenta estratégica para apoiar a implementação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) em contextos escolares periféricos. No caso da escola localizada no Sol Nascente, a tecnologia permitiu identificar vulnerabilidades de drenagem, fragmentos de vegetação e áreas aptas à criação de infraestrutura verde-azul, oferecendo subsídios técnicos de alta precisão que dificilmente seriam obtidos apenas por levantamentos convencionais.

A experiência do Plano Comunitário de Redução de Riscos no Sol Nascente demonstra que a integração entre gestão comunitária, conhecimento técnico e Soluções Baseadas na Natureza potencializa a resiliência local e amplia a capacidade de resposta frente a eventos extremos, além de promover um modelo participativo de governança territorial (ANDRADE et al., 2024). Conforme demonstrado por Andrade et al. (2025), a incorporação de jardins de chuva em assentamentos informais contribui para o manejo das águas pluviais, a ampliação da vegetação urbana e o fortalecimento da convivência comunitária, evidenciando o potencial das SbN para promover resiliência urbana e inclusão social.

Mais do que a geração de produtos cartográficos ortomosaicos, modelos digitais de elevação e nuvens de pontos, a pesquisa evidenciou a importância de integrar esses dados a processos de planejamento participativo, articulando gestores, professores, estudantes e comunidade. Essa integração reforça que a eficácia das SbN não reside apenas em sua capacidade de mitigar riscos ambientais, mas em seu potencial de promover justiça socioambiental, pertencimento e corresponsabilidade coletiva.

As propostas de hortas pedagógicas, corredores verdes drenantes e espaços de aprendizagem ao ar livre mostram que a adoção de SbN em escolas pode atuar como vetor de transformação pedagógica, incorporando a educação ambiental crítica ao cotidiano escolar e ampliando o papel da escola como espaço de convivência e resiliência. Assim, a pesquisa confirma que a convergência entre tecnologia geoespacial, escuta comunitária e SbN possibilita a criação de territórios educativos mais inclusivos, saudáveis e adaptados às mudanças climáticas.

Por fim, o caráter replicável da metodologia utilizada indica que a experiência do Sol Nascente pode servir de referência para outras escolas públicas situadas em contextos vulneráveis do Distrito Federal e de outras regiões brasileiras.



O aerolevanteamento, quando associado a processos formativos e participativos, transcende sua função técnica, tornando-se uma ferramenta de educação ambiental e de fortalecimento comunitário. A integração entre rigor técnico, inovação pedagógica e participação social se configura como caminho promissor para transformar escolas em polos de sustentabilidade e de fortalecimento comunitário, alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e às diretrizes nacionais de educação ambiental.

O estudo contribui para o avanço metodológico do uso de aerolevanteamentos com drones no planejamento participativo de escolas públicas em territórios vulneráveis, demonstrando como dados geoespaciais de alta precisão podem orientar intervenções sustentáveis e processos educativos críticos. Ao integrar tecnologia, participação comunitária e Soluções Baseadas na Natureza, a pesquisa consolida uma abordagem replicável de diagnóstico territorial e de promoção da justiça socioambiental, fortalecendo a relação entre escola, comunidade e adaptação climática.



REFERÊNCIAS

ANDRADE, Liza Maria Souza de; LOUREIRO, Vânia Raquel Teles; LENOIR, Juliette Anna Fanny; SILVA, Angélica Azevedo e; OLIVEIRA, Matheus de Souza. *Os jardins de chuva como Solução baseada na Natureza no projeto de urbanismo e de regularização fundiária da comunidade Dorothy Stang no Distrito Federal*. Brasília: FAU/UnB, 2025. Trabalho apresentado no Encontro Reabilita 13 – Sustentabilidade em Pauta.

BOWLER, Diana E. *et al.* Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, v. 97, n. 3, p. 147-155, 2010.

CARVALHO, A. *et al.* Tecnologia e escuta comunitária no planejamento participativo. *Revista Territórios*, v. 18, n. 2, p. 45-61, 2023.

CARVALHO, Sofia Saraiva de; COSTA, Maria Elisa Leite; BIGONHA, Márcio Bittar; ANDRADE, Liza Maria Souza de. *Emergência climática e vulnerabilidade social: trincheiras de infiltração como possibilidade de resiliência no trecho 3 da ARIS Sol Nascente, DF*. Brasília: FAU/UnB, 2024. Trabalho apresentado na Sessão Temática “Natureza, Crise Ambiental e Mudanças Climáticas”

CHAWLA, Louise. Benefits of nature contact for children. *Journal of Planning Literature*, v. 30, n. 4, p. 433-452, 2015.

COHEN-SHACHAM, E. *et al.* *Nature-based solutions to address global societal challenges*. Gland: IUCN, 2016.

DADVAND, Payam. *et al.* Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 112, n. 26, p. 7937-7942, 2015.

FUENTES, Maribel Del Carmen Aliaga.; PAZOS, Valmor Cerqueira.; SILVA, Carolina Pescatori Cândido da.; MENEZES, Érika Stella Silva.; SILVA, P. R. Mulheres indígenas e a diversidade cultural brasileira: história, violência e resiliência. Brasília: IAB, 2025.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). *Manual of Surveying and Charting*. Montreal: ICAO, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo demográfico 2022: resultados gerais*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

KABISCH, Nadja. *et al.* Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, v. 22, n. 2, p. 39, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA; ATELIÊ NAVIO; REDE BRASILEIRA DE URBANISMO COLABORATIVO. *Soluções Comunitárias Baseadas na Natureza: adaptação de territórios vulneráveis às mudanças climáticas*. Brasília: MMA, 2024. Disponível em: <https://urban95.org.br/documents/58/solucoes-comunitarias-baseadas-na-natureza-1.pdf>. Acesso em: 17 set. 2025.

PAZOS, Valmor Cerqueira. *et al.* Reabilita: durabilité et éducation dans l'apprentissage en ligne dans le contexte de l'Agenda Brésilien 2030. *IOSR Journal of Business and Management*, v. 26, p. 58-66, 2024.



SARMIENTO, F. O.; PÁRAMO, J. Nature-based solutions in Latin American urban peripheries. *Revista de Geografía Norte Grande*, v. 76, p. 27-45, 2020.

SANTOS, D. J.; ARAÚJO, R. F. Soluções baseadas na natureza em áreas urbanas vulneráveis: potencialidades e limites. *Revista Desafios*, v. 8, n. 3, 2021.

SILVA, J.; OLIVEIRA, M.; PEREIRA, A. Tecnologia e escuta comunitária no planejamento participativo. *Revista Geo*, v. 18, n. 2, p. 45-61, 2023.

UNITED STATES. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data*. Bethesda, MD: ASPRS, 2015.

