

Fotogrametria como ferramenta ecoturística da trilha Lagoa da Mata na Floresta Nacional de Carajás, Pará

Michely Rocha Vieira¹

 <https://orcid.org/0009-0008-7385-9867>

* Contato principal

Keylla da Silva Simão¹

 <https://orcid.org/000000-0003-1770-4998>

Gustavo Pessin²

 <https://orcid.org/0000-0002-7411-9229>

Luiz de Barros²

 <https://orcid.org/0000-0003-3842-2906>

Arthur Angelo da Silva Alves¹

 <https://orcid.org/0009-0000-4920-9540>

Joabe da Silva Xavier¹

 <https://orcid.org/0009-0005-8115-3846>

Anderson de França Silva¹

 <https://orcid.org/0000-0002-4321-5023>

André Luiz Maciel Cid²

 <https://orcid.org/0009-0003-7465-2175>

Antônio Silveira³

 <https://orcid.org/0000-0001-5368-5283>

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará/IFPA – Campus Parauapebas, Parauapebas/PA, Brasil. <michely.vieira.ifpa@gmail.com, simaokeylla@gmail.com, arthurangelos.alves@gmail.com, joabe.xavier.silva@gmail.com, anderson.silva@ifpa.edu.br>.

² Instituto Tecnológico Vale/ITV, Ouro Preto/MG, Brasil. <gustavo.pessin@itv.org, luiz.barros@itv.org, andre.cid@aluno.itv.org>.

³ Universidade Federal do Pará/UFPA, Belém/PA, Brasil. <asilveira@ufpa.br>.

Recebido em 16/08/2024 – Aceito em 23/12/2024

Como citar:

Vieira MR, Pessin G, Barros L, Alves AAS, Xavier JS, Silva AF, Cid ALM, Silveira A. Fotogrametria como ferramenta ecoturística da trilha Lagoa da Mata na Floresta Nacional de Carajás, Pará. Biodivers. Bras. [Internet]. 2025; 15(1): 47-57. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v15i1.24>.

Palavras-chave: Fotogrametria; ecoturismo; conservação ambiental; modelagem 3D; FLONA de Carajás.

RESUMO – A Floresta Nacional (FLONA) de Carajás, localizada no estado do Pará, é uma unidade de conservação (UC) federal de uso sustentável que abrange paisagens singulares associadas às áreas de afloramento ferrífero, dentre elas, as lagoas perenes e temporárias, que compõem o único geossistema ferrífero brasileiro na Amazônia. Tendo em vista o potencial turístico dessa UC, atrelado à necessidade de atender os critérios de manejo sustentável, pesquisa científica e educação ambiental, como ferramentas de conservação, esta pesquisa estuda a utilização da técnica de fotogrametria no modelamento tridimensional da trilha ecológica da lagoa da mata como forma de conservar, divulgar os espaços endêmicos lacustres e contribuir para um turismo sustentável e de acesso plural da FLONA de Carajás. Para isso, houve a utilização do programa *AliceVision Meshroom* para o modelamento das fotografias da trilha, catalogadas com a câmera *DJI Pocket 1*. Os resultados apontam a limitação da reconstrução tridimensional do *software* em ambientes com vegetação densa e saldos positivos de outras estruturas. Dessa forma, para que a fotogrametria seja utilizada como ferramenta ecoturística da região de Carajás, é preciso o estudo de *softwares* e algoritmos de reconstrução e a viabilidade de usá-los, além do investimento em equipamentos mais especializados que possam fornecer dados mais robustos.

Photogrammetry as an ecotourism tool in the Lagoa da Mata Trail in the Carajás National Forest (Brazil)

Keywords: Photogrammetry; ecotourism; environmental conservation; 3D modeling; FLONA de Carajás.

ABSTRACT– The *Carajás* National Forest, located in the state of *Pará*, Brazil is a Federal protected area (PA) for sustainable use that encompasses unique landscapes associated with iron outcrop areas, among them, the perennial and temporary lakes, which compose the only Brazilian iron geosystem in the Amazon. Considering the touristic potential of this PA, linked to the need to meet the criteria for sustainable management, scientific research, and environmental education as conservation tools, this research studies the use of a method of interaction with nature, using the technique of photogrammetry in the three-dimensional modeling of the ecological trail of the forest lake as a way to conserve, promote the endemic lacustrine spaces, and contribute to sustainable and plural access tourism of National Forest of *Carajás*. For this, the *AliceVision Meshroom* program was used for the modeling of the trail photographs, cataloged by one with the *DJI Pocket 1* camera of the trail. The results point to the limitation of the *software's* three-dimensional reconstruction in environments with dense vegetation and positive outcomes from other structures. Thus, for photogrammetry to be used as an ecotourism tool in the *Carajás* region, it is necessary to study reconstruction *software* and algorithms and the feasibility of using them, in addition to investing in more specialized equipment that can provide more robust data.

La fotogrametría como herramienta de ecoturismo para el sendero de la Lagoa da Mata en la Floresta Nacional de Carajás (Brasil)

Palabras clave: Fotogrametría; ecoturismo; conservación del medio ambiente; modelado 3D; FLONA de Carajás.

RESUMEN – A Floresta Nacional de *Carajás*, situada en el estado de *Pará*, Brasil es una Unidad de área protegida (AP) de uso sostenible que engloba paisajes únicos asociados a áreas de afloramientos de mineral de hierro, incluyendo lagunas perennes y temporales, que conforman el único geosistema brasileño de mineral de hierro de la Amazonia. Teniendo en cuenta el potencial turístico de esta Área de Conservación, es necesario cumplir los criterios de gestión sostenible, investigación científica y educación ambiental como herramientas de conservación. La investigación estudia el uso de un método de interacción con la naturaleza, utilizando la técnica de la fotogrametría en la modelización tridimensional del sendero ecológico de la *Lagoa da Mata* como forma de conservar y divulgar las áreas lacustres endémicas y contribuir al turismo sostenible y al acceso plural a la FLONA de *Carajás*. Para ello, se utilizó el programa *AliceVision Meshroom* para modelar las fotografías catalogadas por una cámara *DJI Pocket 1* del sendero. Los resultados muestran que la reconstrucción tridimensional del *software* es limitada en entornos con vegetación densa y saldos positivos de otras estructuras. Por lo tanto, para que la fotogrametría sea utilizada como herramienta de ecoturismo en la región de *Carajás*, es necesario estudiar los *softwares* y algoritmos de reconstrucción y la viabilidad de su uso simultáneo, así como invertir en equipos más especializados que puedan proporcionar datos más robustos.

Introdução

A região de Serra dos Carajás, no estado do Pará, é um dos seis geossistemas ferruginosos do Brasil e o único localizado na Amazônia [1]. Geossistemas ou geoambientes são delimitações de combinações de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos; tais combinações deixam sinais visíveis na estrutura e composição das formações vegetais.

São unidades ambientais indicadoras de diversidade biológica [2]. As áreas ferruginosas são caracterizadas pela alta concentração de ferro em solo, gerando unidades ambientais únicas e complexas [3]. Atualmente, a descomunal jazida mineral de ferro em Carajás e a atividade de mineração associada se encontram na área de proteção ambiental da Floresta Nacional (FLONA) de Carajás [4].

Concomitantemente, esse endemismo, que se refere ao conjunto de atributos naturais envolvendo área reduzida, à presença de espécies endêmicas ou de distribuição restrita, sob diferentes graus de risco, é indicadore do status de alta vulnerabilidade dos ecossistemas associados às formações ferríferas da região e, por isso, atrai grande visibilidade turística para a FLONA de Carajás [2]. Entre os pontos de visitação se destacam seus sítios arqueológicos, cachoeiras e lagoas ferruginosas [1].

O plano de pesquisas prioritários desses ambientes singulares, disponibilizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), evidencia a presença das lagoas perenes e temporárias no ambiente [5]. Elas, sendo alimentadas principalmente pelas águas do escoamento superficial das chuvas, garantem para o ecossistema importantes fontes de água que beneficiam a fauna circundante e abrigam diversas espécies de flora; além disso, quando classificadas como lagoas permanentes, atuam como zonas de recarga para o sistema aquífero regional e nascentes, e as lagoas temporárias, em menor área e profundidade, tendem a abrigar espécies raras [5]. Assim, as lagoas perenes e sazonais têm importância fundamental nas estratégias de conservação do plano de gestão da FLONA de Carajás [6] e proteção do geossistema ferruginoso da Amazônia brasileira [1][7].

A experiência visual no ecoturismo permite um conhecimento e um reconhecimento do meio ambiente através de aprendizados, descobertas,

aventuras, lições de vida, reflexões, memória e associações. Pode-se afirmar que o ecoturismo proporciona estímulos sensíveis e intrínsecos a uma experiência ambiental direta ou indireta, profunda e intensa. Quando falamos de fotogrametria, temos um exemplo de sucesso que é a recriação digital dos estromatólitos da Fazenda Arrecife, na Chapada Diamantina, Bahia. Esse método, de mais baixo custo comparativamente aos demais atualmente disponíveis, pode ser utilizado como subsídio para a implementação de museus virtuais, formas de conservação e divulgação do conhecimento. O modelo ainda traz possibilidades educativas, pois o uso de pode funcionar como ferramenta importante para a proteção do patrimônio geológico de um território ou região [8][9].

A FLONA de Carajás possui plano de manejo [10][5] que, aliado ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) [12], promovem o desenvolvimento da educação ambiental e do ecoturismo na UC como ações primordiais na construção de valores focados na conscientização, sensibilização e conservação do meio ambiente [2] [13][12][11]. Para isso, as trilhas ecológicas foram desenvolvidas como artifício pedagógico e turístico [13]. Em Carajás, o exemplo é a trilha lagoa da mata (Figura 1), onde o visitante tem contato com as espécies arbóreas mais comuns da unidade, conhecem áreas de reintrodução de flora e a lagoa sazonal, formada a partir do escoamento das águas da chuva da vegetação do seu entorno [13].



Figura 1 – Mapa de localização da trilha Lagoa da Mata na Floresta Nacional de Carajás, Pará, demonstrando a distância do centro urbano.

Fonte: Autor (2024).

Esse potencial econômico associado ao ecoturismo pode transmutar áreas antes remotas com pouco desenvolvimento em pontos de visitação [14]. Um exemplo disso é o trabalho de Fernández-Lozano & Gutiérrez-Alonso (2017), em que os autores realizam a fotogrametria em um afloramento da Floresta Carbonífera de Alejico (Espanha), desenvolvendo cenários virtuais de visitas e promovendo o geoturismo responsável [9].

Observadas as demandas por uma educação ambiental integrativa com os espaços naturais como forma de conservar e divulgar esses ambientes endêmicos lacustres da FLONA Carajás, escolheu-se nesta pesquisa a aplicação da fotogrametria para contribuir no processo. A fotogrametria se baseia na extração de medidas a partir de fotografias, possibilitando o mapeamento e modelamento tridimensional (3D) desses recintos [15]. Portanto, este estudo tem como objetivo explorar o uso da fotogrametria como uma ferramenta para o desenvolvimento do ecoturismo na FLONA de Carajás, especificamente na modelagem 3D da trilha Lagoa da Mata, visando promover o acesso

sustentável e a preservação de áreas endêmicas com o objetivo de construir e disponibilizar outro meio de contato com a UC FLONA de Carajás, gerando democratização e incentivando o turismo sustentável, explorou-se nesta pesquisa o potencial da reconstrução 3D do passeio da trilha ecológica.

Materiais e Métodos

A trilha geoecológica Lagoa da Mata, localizada na região de Serra Norte (N5) (6°02'40.3"S 50°05'30.9"W) de Carajás, foi definida como objeto de estudo por seu potencial ecoturístico já explorado na FLONA de Carajás. Além disso, por conter como infraestrutura principal um objeto físico, que poderia facilitar tanto o procedimento fotogramétrico quanto tornar o material final mais visualmente atrativo (Figura 2) que permite uma passagem sobre a lagoa ferruginosa. Trilha geoecológica é o percurso em áreas naturais que une aspectos geológicos e ecológicos, combinando formações geológicas como rochas e relevo, além da biodiversidade da fauna e flora locais. Assim, fornecendo uma vista panorâmica do espaço.



Figura 2 – Seções da ponte sobre a lagoa e distância da área de mina.
Fonte: Autor (2023).

Na fase inicial da metodologia, as imagens foram capturadas com a câmera DJI Pocket 1 (Figura 3), por meio de uma visita *in loco*. O principal método de captura foi a produção de vídeos para captar o ambiente, cena a cena, de maneira mais uniforme e estável, assim potencializando a capacidade do *software* em fazer um cruzamento eficiente entre as imagens, que posteriormente seriam extraídas.

A configuração da câmera seguiu as recomendações do fabricante, e a coleta abrangeu diferentes posições e ângulos. As imagens extraídas foram transferidas para o computador, organizadas de acordo com o contexto e verificadas quanto à qualidade do material, a fim de descartar imagens borradas, tremidas que poderiam comprometer a qualidade do modelo 3D.



Figura 3 – Câmera utilizada, a DJI Pocket 1, e o operador manuseando o equipamento durante a coleta de imagens na área de pesquisa.

Fonte: Autor (2023).

Com base no trabalho de Resende [15], a definição do *software* utilizado colocou em critério características como *Open source*, capacidade de alavancar dados de nuvem de pontos, nuvem densa, superfície e textura do ambiente. Considerando a interface usuário-máquina mais amigável e a aplicação de abrangência na fotogrametria, o processamento pelo *software Alice Vision Meshroom*, foi considerado como o mais adequado, por preencher os critérios anteriores e entregar resultados com menores buracos em modelamento 3D. Assim, foi possível analisar a viabilidade e a qualidade da reconstrução tridimensional deste ambiente por meio da técnica fotogramétrica.

No segundo estágio, o foco direcionou-se ao pré-processamento das imagens e à configuração do *software Alice Vision Meshroom*. Após a instalação e configuração do *Meshroom*, os parâmetros de entrada foram definidos considerando a resolução e características específicas da câmera *DJI Pocket 1*.

Ajustes adicionais no fluxo de trabalho do *software* foram realizados para otimizar a compatibilidade entre *software* e *hardware*, AMD Ryzen 5, NVIDIA RTX, no processo de reconstrução. A execução do *Meshroom* foi monitorada de perto, identificando eventuais erros e garantindo um progresso consistente. A qualidade da nuvem de pontos (Figura 4) foi avaliada com base em 25 fotos do trajeto, originárias de um vídeo e focado na reconstrução da ponte da lagoa.

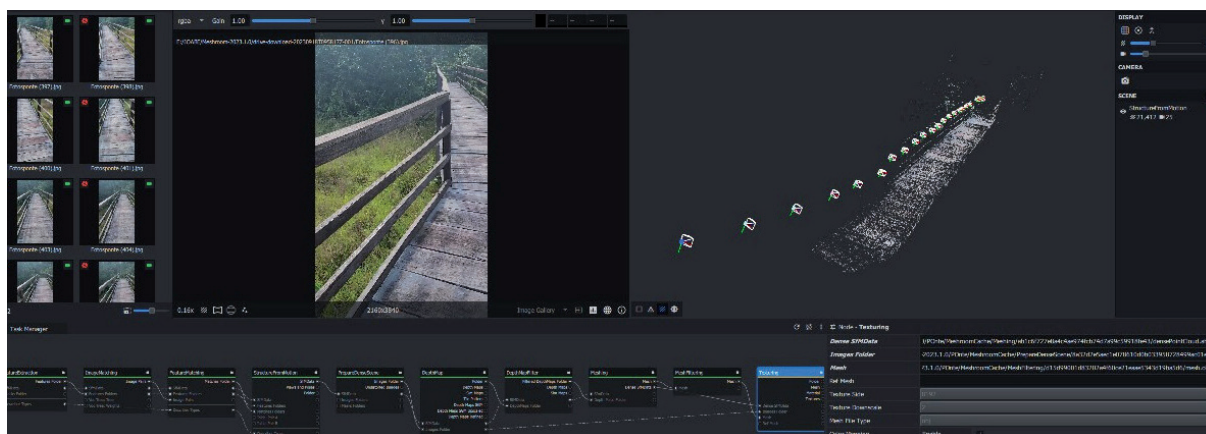


Figura 4 - Interface de processamento em *software* e nuvem de pontos formada da Trilha Lagoa da Mata, FLONA Carajás, Pará.

Fonte: AliceVision Meshroom (2023).

Resultados e Discussão

Desafios de implementação

Embora possamos visualizar de forma satisfatória a estrutura da ponte no trecho reconstruída digitalmente em uma representação tridimensional (Fig. 6), nos deparamos com limitações ao tentar

construir uma nuvem de pontos do ambiente externo à ponte (Figura 5), pois esse ambiente inclui o céu, a superfície da água da lagoa e a densa vegetação da floresta circundante.

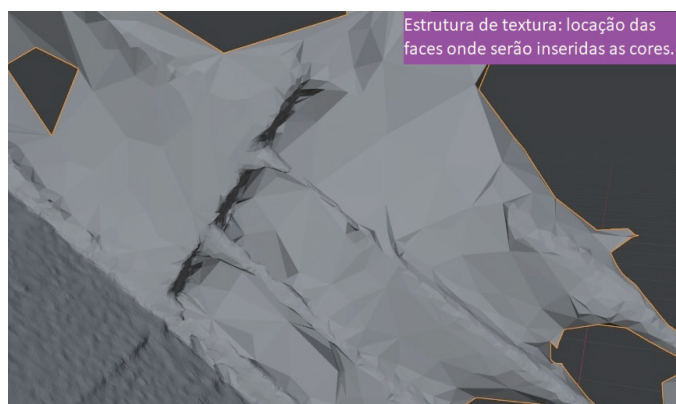


Figura 5 – O mosaico de imagens representando o processo de modelamento 3D da ponte reconstruída; na primeira etapa o *software* gera linhas de polígonos, após a texturização há o preenchimento com a imagem 2D. Aqui podemos ver claramente a deformação nas sobreposições foto x textura.

Fonte: Autores (2024).

O resultado final gerado pelo *software* é a texturização - Texturing no AliceVision refere-se ao processo de computar a textura em um *mesh* - que adiciona cor ao objeto tornando-o mais reconhecível aos olhos humanos (Figura 6). Com esse resultado é possível ver com mais detalhes os erros e os acertos na reconstrução.



Figura 6 - Texturização da Trilha Lagoa da Mata, FLONA Carajás, Pará; nesse resultado mostra a reconstrução do objeto da ponte e falhas em partes da estrutura próximas da vegetação.

Fonte: AliceVision Meshroom (2023).

Na Figura 7 é descrita essa carência de pontos de reconhecimentos nas regiões onde existem grandes medidas de luminosidade no céu. No que concerne à reprodução da água, as dificuldades de reprodução residem nas suas propriedades reflexivas, o que torna a determinação de localização do objeto (água) complicada de ser definida, diminuindo a

precisão na reconstrução 3D. Quanto à questão das plantas, é mais fácil de se entender o problema em sua reconstrução 3D, pois elas não se mantêm estáticas durante o período de coleta de imagem, tornando-as um objeto complexo demais para a definição de forma automático pelo *software* AliceVision Meshroom.

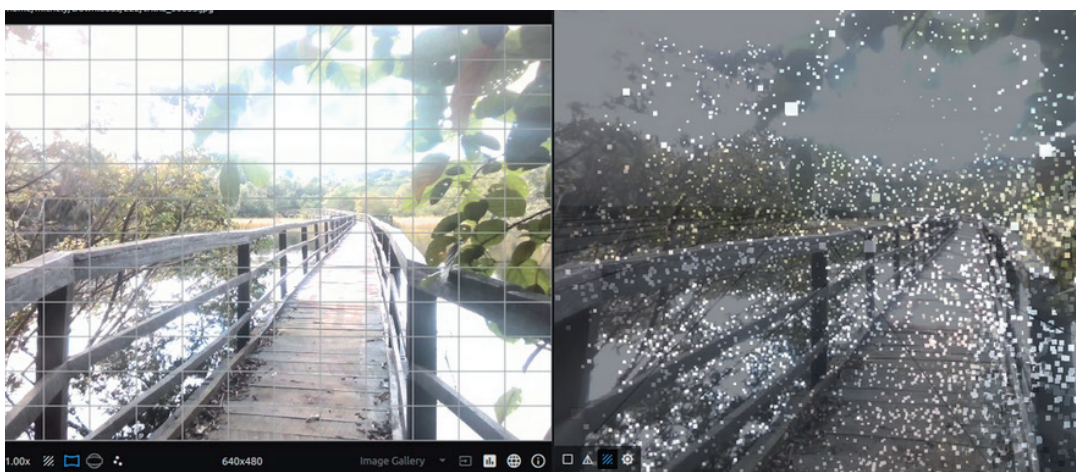


Figura 7 – Interface de processamento em *software* para a formação de nuvem de pontos na Trilha Lagoa da Mata, FLONA Carajás, Pará; os pontos construídos usando a lógica de contraste da imagem são a base de construção da nuvem de polígonos, na imagem acima fica evidente abaixo reconhecimento da área com vegetação em comparação a estrutura da ponte.

Fonte: AliceVision Meshroom (2023).

Uma possibilidade para a resolução do problema da renderização de plantas, do céu e de superfícies que causam reflexão e refração, como a água, é o uso de tecnologias de *machine learning* para identificá-los e marcar suas posições para futura substituição ou correção em um pós-processamento com *assets* 3D prontos para as plantas, alguma simulação de fluido para as águas e imagens ilustrativas no caso do céu.

Como exemplo viável para identificação de plantas temos o aplicativo *PictureThis* [16], um *software* de identificação de flora que utiliza tecnologia de reconhecimento de imagem para a determinação de plantas em fotos tiradas pelos usuários. Considerando a possibilidade de um *software* com a mesma funcionalidade integrado à máquina para marcar coordenadas e tempo, teríamos um resultado satisfatório na substituição de parte da reconstrução.

A principal dificuldade na implementação de um sistema de identificação de elementos específicos em imagens para reconstrução 3D, como mencionado anteriormente, reside na integração eficaz desse sistema com o equipamento de fotogrametria. Isso é crucial para garantir que os dados coletados estejam perfeitamente sincronizados com as capturas em andamento. O desafio decorre do fato de que a identificação objetiva de várias espécies em um único quadro pode ser demorada, enquanto ainda é necessário capturar com precisão suas posições e tamanhos.

Existem diversos *softwares* e aplicativos que também podem fazer a reconstrução por fotogrametria, estão o Agisoft Metal Shape, é amplamente utilizado para mapeamento topográfico, modelagem de terrenos e documentações arqueológicas. Também há o Pix4d, outro *software* de fotogrametria que transforma imagens aéreas ou terrestres em modelos 3D e mapas. É utilizado em várias áreas, incluindo agricultura, construção e gestão ambiental e entre outros. Esses *softwares* podem ser complementados com o QGIS, *software* de sistema de informação geográfica (SIG) de código aberto, amplamente utilizado para criar e analisar mapas e dados espaciais, incluindo trilhas.

Conservação e uso sustentável em ambientes ferruginosos

No Brasil, não existe uma lei específica dedicada exclusivamente a ambientes ferruginosos, mas várias legislações abordam sua conservação e manejo sustentável. A Lei n. 9.985/2000, conhecida como SNUC, regula as UCs e promove a conservação da biodiversidade, incluindo as cangas.

Outra legislação relevante é a Lei n. 12.651/2012, o Código Florestal, que define diretrizes para a proteção de florestas e vegetação, sendo importante para áreas de cangas, que são afloramentos de rochas ferruginosas formados há milhões de anos [7].

As UCs de uso sustentável são categorias de áreas protegidas que permitem a utilização controlada dos recursos naturais, buscando um equilíbrio entre a conservação ambiental e o desenvolvimento econômico. Elas podem se classificar em: área de proteção ambiental, área de relevante interesse ecológico, floresta nacional, reserva extrativista, reserva de fauna e reserva de desenvolvimento sustentável [7].

As florestas nacionais (FLONAs), tema de estudo desta pesquisa, são destinadas à conservação da biodiversidade e à pesquisa científica, além de permitir atividades como turismo e coleta de produtos florestais, promovendo o uso sustentável. Na região de Carajás, além da FLONA de Carajás, destaca-se a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, que possui uma área de 1965,0 km² e está situada em partes dos municípios de Marabá, São Félix do Xingu e Parauapebas, no estado do Pará [6]. A FLONA de Carajás, no entanto, é a única caracterizada pela presença de áreas de cangas. Além das cangas da Serra dos Carajás, existem outros ambientes ferruginosos no Brasil e em outras partes do mundo, como Cangas do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais), Cangas do Parque Nacional de Itatiaia e alguns Sistemas de Cangas na Floresta Atlântica.

Os impactos da mineração em ambientes ferruginosos influenciam na conservação e no uso sustentável dessas áreas protegidas, portanto, é essencial a promoção de um diálogo sobre a sustentabilidade e a proteção da biodiversidade, o que pode ser feito a partir do ecoturismo e geoturismo, que é focado na geodiversidade e nos aspectos geológicos, como formações rochosas, solos e paisagens, que são atraentes para os turistas. conforme estudo da pesquisadora Jasmine Moreira [17].

Métodos de monitoramento de trilhas e tecnologias da informação e comunicação (TICS)

Para o monitoramento de trilhas, a abordagem utilizada é um método adequado atrelado a alguma tecnologia da informação e comunicação, com o fim na integração dos dados. Entre os métodos, destaca-se o LAC (Limits of Acceptable Change). Trata-se de uma abordagem estruturada para o gerenciamento

de áreas naturais, especialmente em contextos onde o turismo e outras atividades humanas podem impactar ecossistemas sensíveis. funciona por meio de um processo sistemático que envolve várias etapas, como a identificação de valores, definição de indicadores, estabelecimento de limites, monitoramento contínuo e adaptação das práticas de gestão com base nos dados coletados [18].

Na área de tecnologias da informação e comunicação (TICs), é possível contribuir para o planejamento e gestão de UCs, utilizando geoprocessamento e SIG para identificar zonas de uso sustentável e áreas prioritárias para conservação. O geoprocessamento trata sobre um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais. Os SIGs correspondem às ferramentas computacionais de geoprocessamento, que permitem a realização de “análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados” [19]. Com o geoprocessamento como método de coleta de dados para criar mapas, é possível analisar dados sobre biodiversidade, uso do solo e pressões ambientais que ajudem na gestão eficaz dessas áreas.

Conclusão

A fotogrametria, quando empregada como ferramenta ecoturística, é uma técnica inicial para atingir os objetivos propostos, que incluem a criação de passeios virtuais e modelos físicos de ambientes naturais, elementos importantes na educação e conscientização ambiental. A principal limitação desse método está na dificuldade do *software* em reconstruir ambientes com vegetação.

A integração de reconhecimento de imagem ao equipamento de fotogrametria representa uma promissora abordagem para identificar e marcar elementos específicos, como plantas, água e céu, facilitando a substituição ou correção desses elementos na reconstrução 3D. Apesar dos desafios técnicos envolvidos, como a sincronização precisa de dados coletados em tempo real, essa abordagem oferece perspectivas promissoras para aprimorar a precisão e a fidelidade das reconstruções 3D, contribuindo para uma representação mais completa e detalhada do ambiente.

A eficácia da fotogrametria como uma ferramenta ecoturística pode ser aprimorada através da exploração de diferentes *softwares* e algoritmos. Isso pode envolver a busca por soluções que sejam

mais eficientes na reconstrução de ambientes complexos, como trilhas naturais, e que possam superar as limitações identificadas no estudo atual.

Explorar outras opções de *softwares* e algoritmos pode incluir a avaliação de ferramentas que oferecem recursos avançados de processamento de imagens, reconstrução 3D e análise de dados. Além disso, pode ser útil considerar abordagens que integrem técnicas de aprendizado de máquina e visão computacional para melhorar a precisão e a eficiência da fotogrametria em ambientes naturais.

Em última análise, ao aprimorar a fotogrametria como uma ferramenta ecoturística em Carajás, é importante buscar soluções que atendam às necessidades específicas do ambiente e das atividades turísticas envolvidas, ao mesmo tempo em que garantem resultados precisos e confiáveis na reconstrução do ambiente. Isso pode envolver um processo iterativo de pesquisa, teste e avaliação de diferentes *softwares* e abordagens para encontrar a combinação mais adequada às demandas do projeto.

Agradecimentos

O presente trabalho é devido à colaboração entre o Instituto Federal do Pará - Campus Parauapebas e o Instituto Tecnológico Vale (ITV); com apoio da Secretaria Municipal de Turismo de Parauapebas; e da Vale S.A.

Referências

1. Carmo FF & Kamino LH. Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte: 3i Editora; 2015.
2. Araujo HR de, Lobo HAS. Parcerias público-privadas e sua importância para a sustentabilidade do espeleoturismo no Brasil. RBTUR [Internet]. 2024 Janeiro[citado 10º de novembro de 2024];16:2258. Disponível em: <https://rbtur.org.br/rbtur/article/view/2258>
3. Bezerra L & Ribeiro AF. Plano de pesquisa geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás: temas prioritários para pesquisa e diretrizes para ampliação do conhecimento sobre os geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás e seu entorno. [Internet]. Brasília: ICMBIO; 2017. [Citado em 2024 set. 7]. Disponível em: <https://pnla.mma.gov.br>

4. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade [homepage na internet]. Plano de manejo da Floresta Nacional de Carajás. [Acesso em 7 set 2024]. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/flona-de-carajas/arquivos/dcom_icmbio_plano_de_manejo_flona_carajas_volume_ii.pdf
5. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade [homepage na internet]. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Carajás. [Acesso em 7 set 2024]. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portaldoprofessor/images/stories/pdf/plano_manejo_flona_carajas.pdf
6. Decreto nº 2.486, de 2 de fevereiro de 1998(Brasil). Cria a Floresta Nacional de Carajás e dá outras providências [Internet]. Diário Oficial da União. 1987 ago. 3. [Citado em 2024 set.7]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2486.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%202.486%2C%20DE%20que%20lhe%20confere%20o%20art.
7. Presidência da República (Brasil). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências [Internet]. Diário Oficial da União. 2000 jul. 19 [Citado em 2024 set. 7]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm.
8. Neiman Z, Geerdink S, Pereira JC. A imagem como agente motivador para o ecoturismo. Rev. Tur. Anál. [Internet]. 1º de abril de 2011 [citado 1º de dezembro de 2024];22(1):71-95. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rta/article/view/14241>.
9. Silva MLN da, Nascimento MAL do, Mansur KL, Medeiros GLD de. Uso de fotogrametria digital na elaboração de modelos tridimensionais com aplicação em geoconservação e educação. Terrae didat. [Internet]. 10º de setembro de 2019 [citado 1º de dezembro de 2024]; 15: e019031. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8655364>.
10. Presidência da República (Brasil). Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.[Internet]. Diário Oficial da União, 1999 abr. 27. [Citado em 2024 set. 7]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm
11. Vasconcelos C, Praia JF e Almeida LS. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. Psicologia Escolar e Educacional [online]. 2003, v. 7, n. 1 [Acessado 10 Novembro 2024], pp. 11-19. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-85572003000100002>>. Epub 13 Dez 2010. ISSN 2175-3539. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572003000100002>.
12. Presidência da República (Brasil). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC e dá outras providências. [Internet]. Diário Oficial da União. 2000 jul. 18 [citado em 2024 nov. 10]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm.
13. Pinheiro RF. Trilhas ecológicas e objetos digitais de aprendizagem: possibilidades para o ensino de ciências e biologia [tese]. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2022. 111 f.
14. Oliveira SN de, Carvalho Júnior OA de, Martins Éder de S, Silva TM da, Gomes RAT, Guimarães RF. Identificação de Unidades de Paisagem e sua Implicação para o Ecoturismo no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio De Janeiro. RBGeomorfologia [Internet]. 17º de novembro de 2007 [citado 1º de dezembro de 2024];8(1). Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/88>.
15. Resende FL. Robótica móvel na mineração: estudos de caso com robôs terrestres e aéreos em dispersão de etiquetas eletrônicas, reconstrução 3D e inspeção visual automatizada [tese]. Ouro Preto: Escola de Minas; 2021. 98 f.
16. Fatecno [homepage na internet]. App para identificar plantas: Conheça o PictureThis! [Acesso em: 30 jan 2024]. Disponível em: <https://fatecno.com.br/aplicativos/baixar-app-para-identificar-plantas/>
17. Milanez B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA). [Internet] 2017 janeiro [citado 5 de janeiro de 2024]; 16:93-101. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7936>.
18. Stocker J, Mccarthy JD, Slack T. Historical development of Limits of Acceptable Change: conceptual clarifications and possible extensions. *ResearchGate* [Internet]. 2013 January [citado 5 de Janeiro de 2024]; 371 (1997) - 5. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/246379156_Historical_Development_of_Limits_of_Acceptable_Change_Conceptual_Clarifications_and_Possible_Extensions.
19. Câmara G, Davis C, Monteiro A. Introdução à Ciência da Geoinformação [Internet]. março de 2005 [citado 15 de dezembro de 2024]. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros>.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo e Edição Temática:

Gestão do Conhecimento e Sociobiodiversidade das Áreas Protegidas de Carajás
n.1, 2025

<http://www.icmbio.gov.br/revistaelectronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886

