

Avaliação remota como alternativa de monitoramento da restauração na região de Carajás, Pará

Patrícia Marques Santos¹

 <https://orcid.org/0000-0001-9700-796X>

Cristiane Marques Santos²

 <https://orcid.org/0009-0009-9853-5225>

Wendelo Costa Silva¹

 <https://orcid.org/0000-0001-8349-1666>

¹ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Núcleo de Gestão Integrada de Carajás/NGI Carajás, Brasil. <patricia.marques.bolsista@icmbio.gov.br, wendelo.costa@icmbio.gov.br>.

² Instituto Federal do Pará/IFPA, Belém/PA, Brasil. <cristiane.marques@ifpa.edu.br>.

Recebido em 16/07/2024 – Aceito em 20/01/2025

Como citar:

Santos PM, Santos CM, Silva WC. Avaliação remota como alternativa de monitoramento da restauração na região de Carajás, Pará. *Biodivers. Bras.* [Internet]. 2025; 15(1): 70-81. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v15i1.2652>

Palavras-chave: Amazônia; geotecnologias; uso do solo.

RESUMO – O monitoramento constitui etapa fundamental da restauração, pois permite avaliar a evolução dessa iniciativa e assim promover o manejo adaptativo das áreas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a efetividade do uso de imagens de satélite de alta resolução para monitorar a evolução da restauração em pequenas áreas. Monitoramos 25 áreas, utilizando a Coleção BETA do MapBiomas, que inclui mapas anuais de cobertura e uso da terra para o período de 2016 a 2022, com 10 m de resolução. Para determinar a dinâmica de uso do solo utilizamos o programa QGIS. As áreas monitoradas têm de 0,03 a 8,7 ha e uso pretérito, principalmente, como áreas para pastagem. Observamos uma intensa dinâmica de uso do solo ao longo dos anos de avaliação (2016 a 2022), muito mais voltada ao uso antrópico do que a evolução da restauração. As classes de uso predominante nas áreas foram: pastagem, outras áreas não vegetadas e formação florestal. O somatório das áreas de pastagem, no ano de 2016, foi de 937,69 ha, passando para 649,91, no ano de 2022. A área classificada como floresta no ano de 2016 foi de 1,310 para 1,849 ha em 2022. Assim como os dados de campo, a avaliação feita por imagens mostrou que a restauração avaliada apresenta resultados pouco efetivos, tendo em vista que o aumento da cobertura vegetal e a consequente redução das áreas de pastagem não foram observados de forma consistente. Esse fato demonstra a importância da adoção de estratégias de manejo adaptativo que contemplem as especificidades das iniciativas voltadas para restauração. Deste modo, fica demonstrado que as geotecnologias são ferramentas importantes no manejo de áreas em restauração, uma vez que é possível indicar a porcentagem de área coberta por vegetação e classificar aquelas que são de interesse para restauração nas proximidades, favorecendo a conectividade entre fragmentos.

Remote assessment as an alternative for monitoring restoration in the Carajás region – Pará

Keywords: Amazon; geotechnologies; use of the soil.

ABSTRACT – Monitoring is a fundamental stage of restoration, as it allows the evaluation of the progress of this initiative and thus promotes adaptive management of the areas. This work aimed to evaluate the effectiveness of using high-resolution satellite images to monitor the evolution of restoration in small areas. We monitored 25 areas, using the MapBiomas BETA Collection, which includes annual land cover and land use maps for the period 2016 to 2022, with 10 meter resolution. To determine the dynamics of land use, we used the QGIS program. The monitored areas range from 0.03 to 8.7 hectares and were previously used mainly as pasture areas. We observed an intense dynamic of land use throughout the years of evaluation (2016 to 2022), much more focused on anthropic use than the evolution of restoration. The predominant use classes in the areas were: pasture; other non-vegetated areas and forest formation. The sum of pasture areas in 2016 was 937.69 hectares, increasing to 649.91 in 2022. The area classified as forest in 2016 went from 1,310 to 1,849 hectares in 2022. As with the field data, the assessment made using images showed that the restoration evaluated presented ineffective results, given that the increase in vegetation cover and consequent reduction in pasture areas were not observed consistently. This fact demonstrates the importance of adopting adaptive management strategies that consider the specificities of initiatives aimed at restoration. Thus, it is demonstrated that geotechnologies are important tools in the management of areas undergoing restoration, since it is possible to indicate the percentage of area covered by vegetation and classify those that are of interest for restoration in the vicinity, favoring connectivity between fragments.

Evaluación remota como alternativa para el seguimiento de la restauración en la región de Carajás – Pará

Palabras clave: Amazonía; Geotecnologías; uso del suelo.

RESUMEN – El monitoreo es una etapa fundamental de la restauración, ya que permite evaluar la evolución de esta iniciativa y así promover un manejo adaptativo de las áreas. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la efectividad del uso de imágenes satelitales de alta resolución para monitorear la evolución de la restauración en áreas pequeñas. Monitoreamos 25 áreas, utilizando la Colección MapBiomas BETA, que incluye mapas anuales de cobertura y uso del suelo para el período 2016 a 2022, con una resolución de 10 metros. Para determinar la dinámica del uso del suelo, utilizamos el programa QGIS. Las áreas monitoreadas varían de 0,03 a 8,7 hectáreas y anteriormente se utilizaban principalmente como áreas de pasto. Observamos una intensa dinámica de uso de la tierra a lo largo de los años de evaluación (2016 a 2022), mucho más centrada en el uso antropogénico que en la evolución de la restauración. Las clases de uso predominantes en las áreas fueron: pasto; otras zonas sin vegetación y formación de bosques. La suma de las superficies de pastos en 2016 fue de 937,69 hectáreas, aumentando a 649,91 en 2022. El área clasificada como bosque en 2016 pasó de 1.310 a 1.849 hectáreas en 2022. Al igual que los datos de campo, la evaluación realizada mediante imágenes mostró que la restauración evaluada presenta resultados ineficaces. Considerando que el aumento de la cobertura vegetal y la consecuente reducción de las áreas de pasto no se observaron consistentemente. Este hecho demuestra la importancia de adoptar estrategias de gestión adaptativa que aborden las especificidades de las iniciativas dirigidas a la restauración. De esta manera, se demuestra que las geotecnologías son herramientas importantes en el manejo de áreas en restauración, ya que es posible indicar el porcentaje de área cubierta por vegetación y clasificar aquellas que son de interés para restauración cercanas, favoreciendo la conectividad entre fragmentos.

Introdução

A fragmentação florestal tem levado à perda de extensas áreas de floresta a cada ano. Em 2023 as perdas por bioma totalizam 454.271 ha de Floresta Amazônica, 1.110.326 ha de Cerrado e 12.094 da Mata Atlântica [1]. Como resultado dessas perdas, estudo indica que a Floresta Amazônica está chegando em um ponto de não retorno. Nessa situação, a mortalidade de árvores aumenta, promovendo um efeito em cascata, em que a temperatura da floresta aumenta, reduz o bombeamento de água para a atmosfera, reduzindo as chuvas, promovendo o déficit hídrico na floresta e acarretando maior mortalidade [2].

Alguns indicadores apontam o limiar de não retorno da floresta como diminuição da quantidade de chuvas (>1000 mm por ano); aumento de 1,5 grau de temperatura; déficit hídrico acumulado inferior a 350 mm por ano; períodos de seca superior a cinco meses e o desmatamento chegando a consumir 87% do bioma. Para reverter essa situação serão necessárias medidas urgentes como zerar o desmatamento e promover a restauração das áreas degradadas [2].

Restaurar uma área significa restabelecer aquele ecossistema o mais próximo possível do original [3][4]. Contudo, para que a restauração recomponha serviços ecossistêmicos, será preciso que a restauração ultrapasse a escala local e avance para a escala de paisagem. Além do ganho de escala da restauração, se faz necessário também estabelecer métodos de monitoramento dessas áreas [5].

O monitoramento de uma área em processo de restauração deve, em última instância, identificar se a trajetória atual está levando a uma condição de ecossistema restaurado. Deve-se estabelecer indicadores ecológicos que reflitam o status de extensos ecossistemas e quais ações complementares são necessárias para que se alcancem os objetivos inicialmente estabelecidos no projeto de restauração [6]. Apesar da importância do tema, pouca atenção foi dada à avaliação e ao monitoramento de áreas em processo de restauração; contudo, recentemente, o número de publicações tem crescido no Brasil e no mundo [7][8]. Havendo ainda uma grande lacuna a ser preenchida pela pesquisa e por trabalhos técnicos nesse sentido [9][10].

A iniciativa MapBiom produz, desde 2015, mapas anuais da cobertura e uso da terra, além de monitorar a superfície de água e cicatrizes de fogo mensalmente com dados a partir de 1985, com resolução espacial de 30 m [11]. Essa iniciativa deu um passo à frente, lançando a versão beta, com 10 m de resolução espacial, com o intuito de viabilizar a visualização da mudança de uso e cobertura da terra em menores escalas [12]. Dessa forma, nosso objetivo foi avaliar a efetividade do uso de imagens de satélite de alta resolução para monitorar a evolução da restauração em pequenas áreas.

Material e Métodos

Área de estudo

A área avaliada compreende o sudeste paraense, região na qual predominam as fitofisionomias de floresta estacional e floresta ombrófila densa [13]. O tipo climático característico é o Am, clima tropical úmido ou subúmido, tipo climático de transição entre os tipos climáticos Af e Aw, apresentando período seco mais curto que o período chuvoso e geralmente tem valores bem elevados de precipitação [14]. A precipitação anual varia de 1400 a 1800 mm na região sudeste do Pará [15].

Avaliamos a evolução da restauração em 25 áreas, com tamanhos variando de 0,03 a 8,7 ha (Tabela 1). Essas áreas de plantio estão distribuídas ao longo de 35 km da estrada que dá acesso à mina do SALOBO.

Tabela 1 - Caracterização geral das áreas em processo de restauração avaliadas no estudo. Destaca o tamanho de cada área, o tipo de degradação sofrida, o ano aproximado do ocorrido e o uso do solo no entorno da área em restauração.

Área em restauração	Tamanho (ha)	Tipo de degradação	Ano da degradação	Cobertura do entorno
N1	5,53	Agropecuária	1990	Agropecuária
Dique de finos II	7,39	Desmatamento para criação de barragem	2006	Vegetação nativa
Jazida 2/3	0,47	Retirada de vegetação	2002	Vegetação nativa
Jazida 8	0,3	Retirada seletiva de madeira	2006	Vegetação nativa
Pedreira	0,35	Agropecuária	2002	Agropecuária
J 4	2,09	Retirada de vegetação	1985	Vegetação nativa
Aloj. ¹ VALE	6,59	Agropecuária	1990	Agropecuária
Quiosque	0,36	Barragem	1985	Vegetação nativa
Jazida 10	0,34	Retirada de vegetação	2008	Vegetação nativa
Jazida 4	0,2	Agropecuária	2010	Vegetação nativa
Jazida 6	0,22	Retirada de vegetação	1985	Vegetação nativa
Sup. ² João Martins	0,03	Agropecuária	1985	Agropecuária
Jazida 5	0,18	Retirada de vegetação	2010	Vegetação nativa
Jazida 9	0,28	Retirada de vegetação	1985	Vegetação nativa
Sup. ² Raimundo Cunha	1,43	Retirada de vegetação	1988	Vegetação nativa
Barragem Finos II	3,29	Desmatamento para criação de barragem	1985	Vegetação nativa
Aloj. ¹ contratadas	8,72	Desmatamento para construção de prédio	1992	Vegetação nativa
Sup. ² Francisco Silva	1,3	Agropecuária	1989	Agropecuária
Jazida 0	0,14	Retirada de vegetação	1991	Vegetação nativa
Jazida 7	0,05	Retirada de vegetação	1991	Vegetação nativa
ZVS Rio Itacaiúnas	38,78	Agropecuária	1993	Vegetação nativa
Sup. ² Geraldo Magela	0,08	Agropecuária	2006	Agropecuária
Sup. ² José Ribamar	0,18	Agropecuária	1996	Agropecuária

1 = alojamento; 2 = superintendente.

Fonte: os autores.



A restauração teve início no ano de 2010/2012 e foi finalizada em 2015. O método de restauração aplicado foi o plantio direto; a espécie foco desse plantio foi *Bertholletia excelsa* Bonpl., única espécie

utilizada neste plantio. As áreas escolhidas para a restauração eram pastagens abandonadas, vegetação secundária (capoeira), áreas degradadas com solo exposto e plantações (Figura 1).

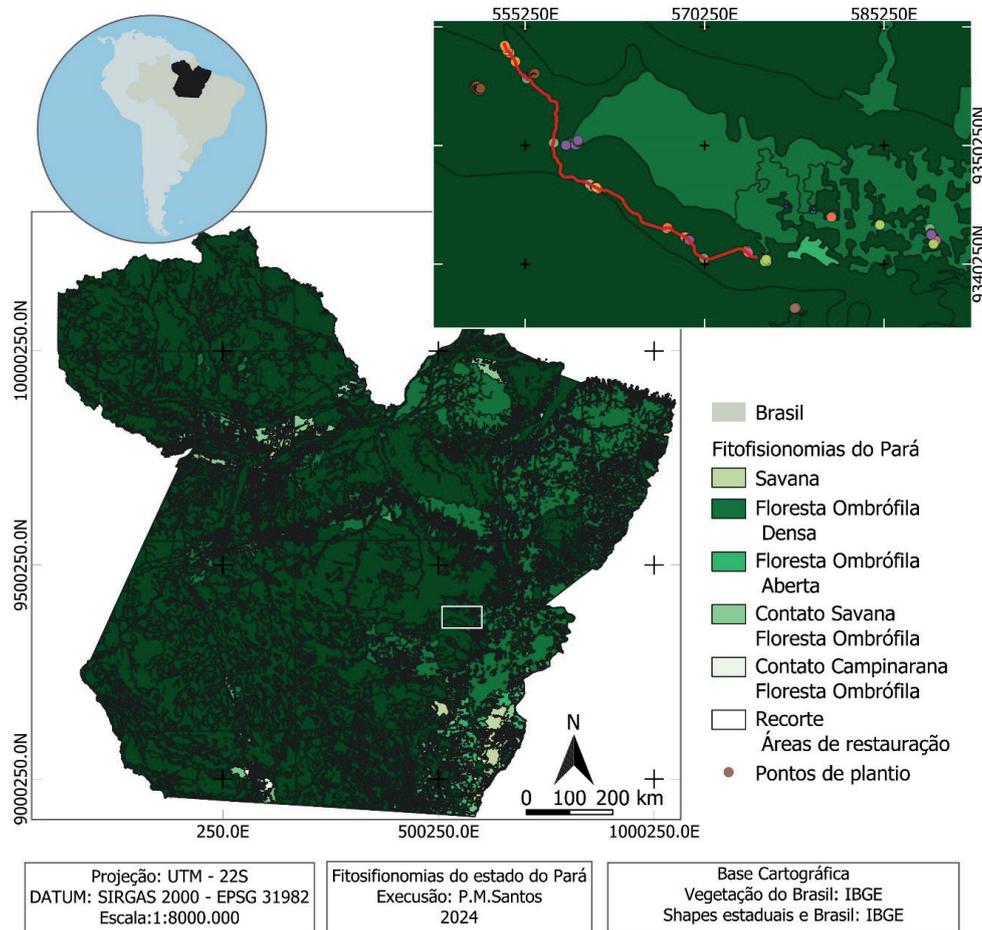


Figura 1 – Distribuição da vegetação (fitofisionomias) para o estado do Pará, segundo o mapa de vegetação do Brasil (IBGE 2021). Recorte para as áreas de restauração dos castanhais na região de Carajás.

Fonte: os autores.

Diversidade da paisagem – uso e cobertura da terra (UCT)

Em uma iniciativa inovadora, o projeto MapBiomas lançou a Coleção BETA, que inclui mapas anuais de cobertura e uso da terra para o período de 2016 a 2022. Esses mapas possuem alta resolução, com pixel de 10 m. Dessa forma, para o estudo da dinâmica da cobertura florestal em escala temporal (6 anos) foi utilizada a Coleção BETA, pois é a coleção com resolução espacial adequada para avaliar a restauração em pequenas áreas.

Maiores detalhes sobre a metodologia da Coleção BETA podem ser encontrados no site do projeto [11]. A escolha por esse banco de dados deve-se à disponibilidade de imagens de alta

resolução, o que possibilitaria a avaliação em escala temporal de área com tamanho variando de 0,03 ha a 8,7 ha. Além da avaliação através de imagens de satélite, também fizemos avaliação em campo, para fins de validação das mudanças de uso e cobertura do solo em loco.

Para elaboração do mapa de transição, as imagens foram recortadas para cada área de plantio e calculado o percentual de mudança por ano de avaliação, utilizando o complemento ‘SCP’ que avalia cada imagem e determina as mudanças na cobertura do solo pixel a pixel de um período a outro [16]. Os mapas foram projetados para a projeção UTM e DATUM SIRGAS 2000, de acordo com a recomendação do IBGE para garantir o cálculo preciso da área [17].

Resultados

Na avaliação das 25 áreas em restauração, observamos o retorno do status de cobertura florestal em apenas 10 áreas, o restante apresentou percentual de cobertura variando de 0 a 30%.

Segundo as imagens avaliadas dos anos de 2016 a 2022, constatamos que, apesar de a área avaliada ter passado por processo de restauração, a cobertura dominante nas áreas foram “outros usos” (Figura 2). Essa observação foi confirmada nas atividades de campo, para validação dos dados e monitoramento das áreas de plantio.

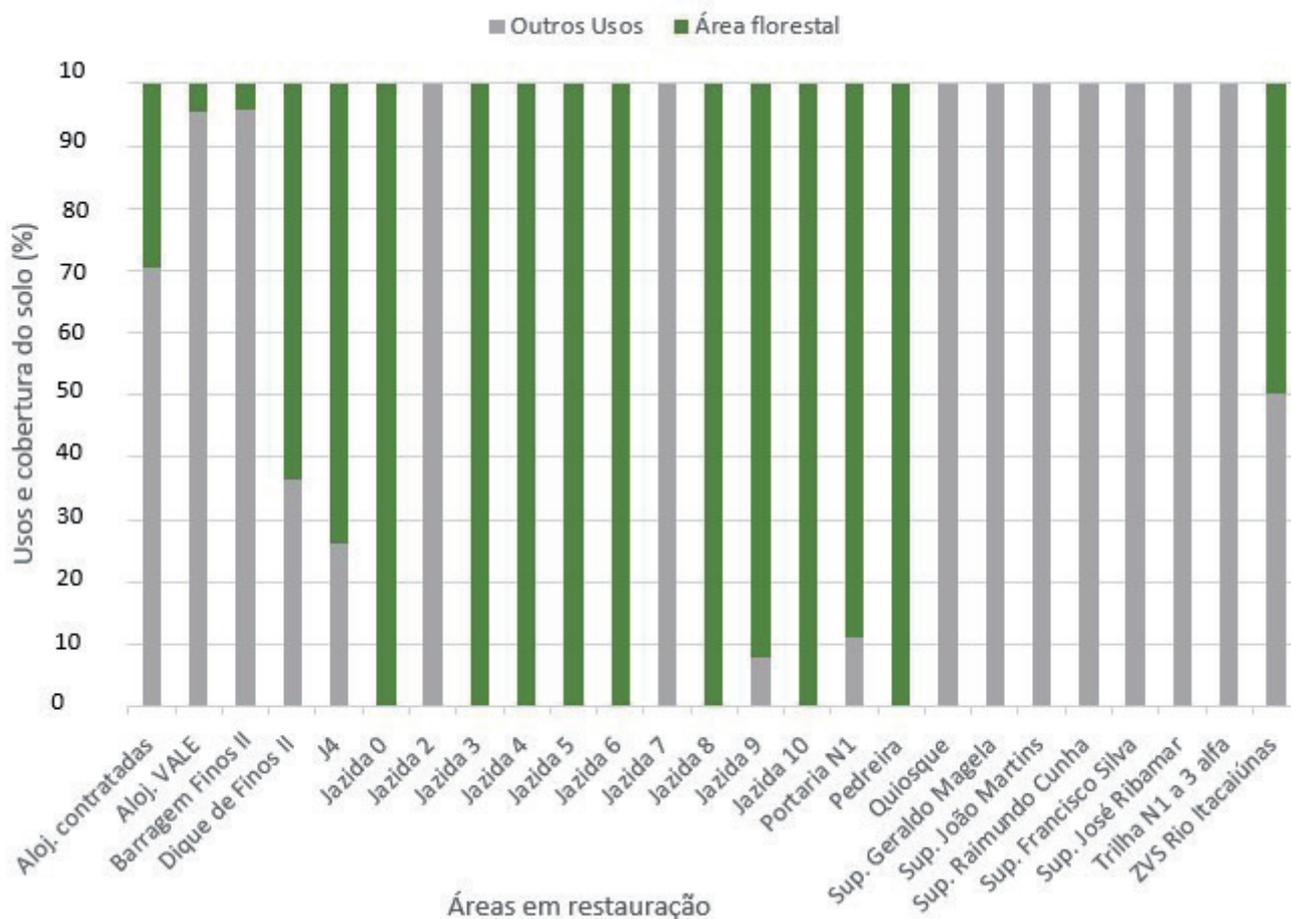


Figura 2 – Proporção de uso e cobertura do solo por área de plantio na região de Carajás no ano de 2022. Aloj. = alojamento; Sup. = superintendente.

Fonte: os autores.

As áreas onde observamos a recomposição florestal em 100% (jazidas 3, 4, 5, 6 e pedreira) eram áreas pequenas que em seu entorno apresentam remanescentes de vegetação nativa. Nas atividades de validação dos dados e monitoramento de campo constatamos, no entanto, a mortalidade de mais de 90% das espécies do plantio. Essa mortalidade elevada foi constatada não só nas áreas citadas, mas em todas as 25 áreas monitoradas.

Na avaliação em escala temporal, observamos que, em algumas áreas, houve o processo inverso

ao esperado, ocorrendo perda de vegetação das áreas, isso foi observado nas áreas Alojamento das Contratadas e Alojamento Vale. Nas avaliações em campo, observamos a instalação de estruturas de alojamento para trabalhadores da empresa responsável pela área. Nessas áreas houve o desmatamento de remanescentes e das áreas em restauração. A partir do monitoramento temporal, observamos que na área onde foi realizado o plantio houve o incremento de área construída ao contrário do esperado, que seria o crescimento da classe de formação florestal (Figura 3).

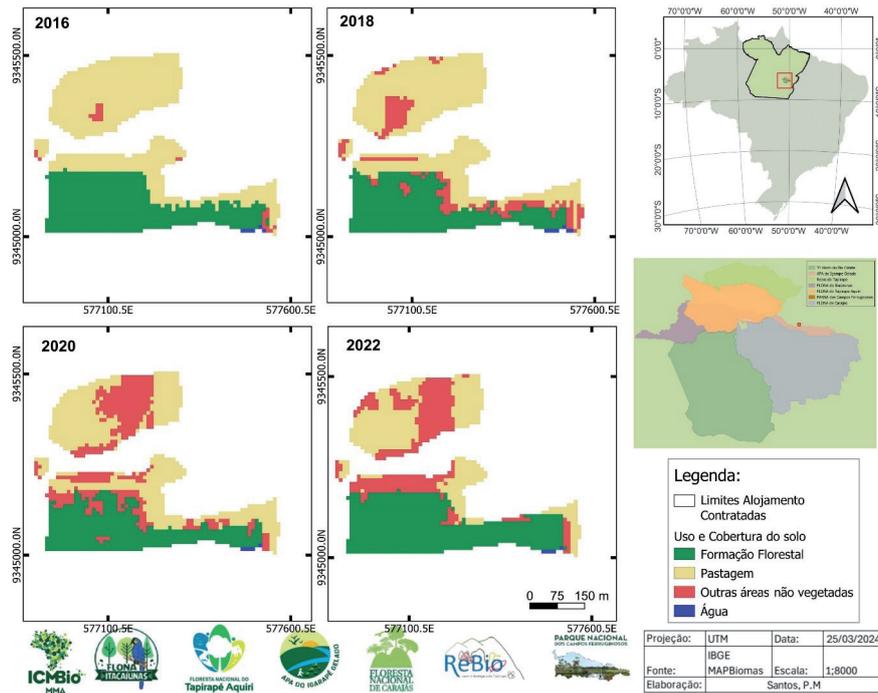


Figura 3 – Uso e cobertura do solo em área de plantio de restauração dos castanhais na região de Carajás. Os mapas 2016 a 2022 destacam a mudança do uso e cobertura ao longo do tempo, especificamente da área de plantio denominada Alojamento das Contratadas.

Fonte: os autores.

Na área do Alojamento Vale, a evolução temporal das áreas de plantio foi inexistente, tendo em vista o aumento das áreas de construção (outras

áreas não vegetadas), exatamente no local de plantio que foi completamente removido (Figura 4).

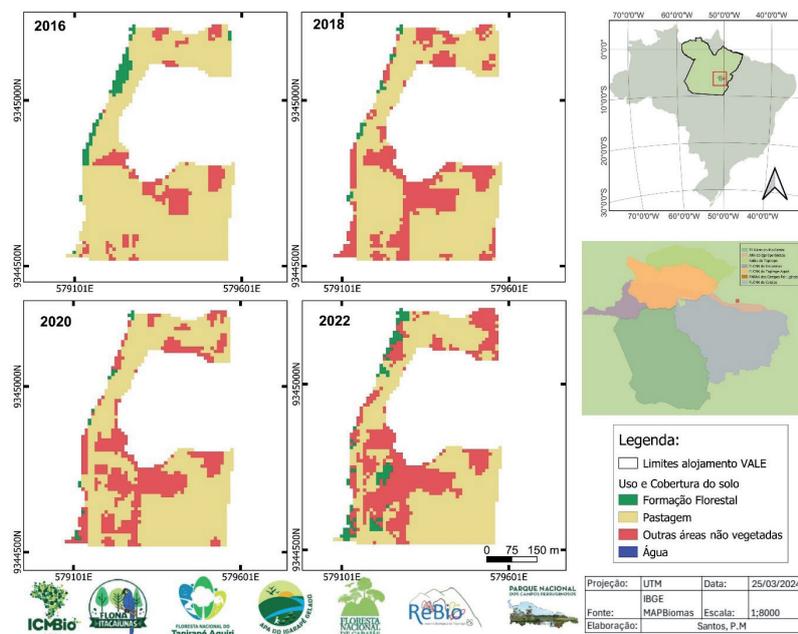


Figura 4 – Uso e cobertura do solo em área de plantio de restauração dos castanhais. Os mapas 2016 a 2022 destacam a mudança do uso e cobertura ao longo do tempo, especificamente da área de plantio denominada Alojamento da Vale.

Fonte: os autores.

Na área Barragem de Finos II, o plantio foi realizado em área aberta classificada como pastagem, segundo as imagens. Ao longo do período de monitoramento, não houve incremento de vegetação, permanecendo como

uso antrópico de 2016 a 2022 (Figura 5). Na averiguação em campo, para validação das imagens, confirmamos que o foi identificado no monitoramento remoto e a alta mortalidade das mudas.

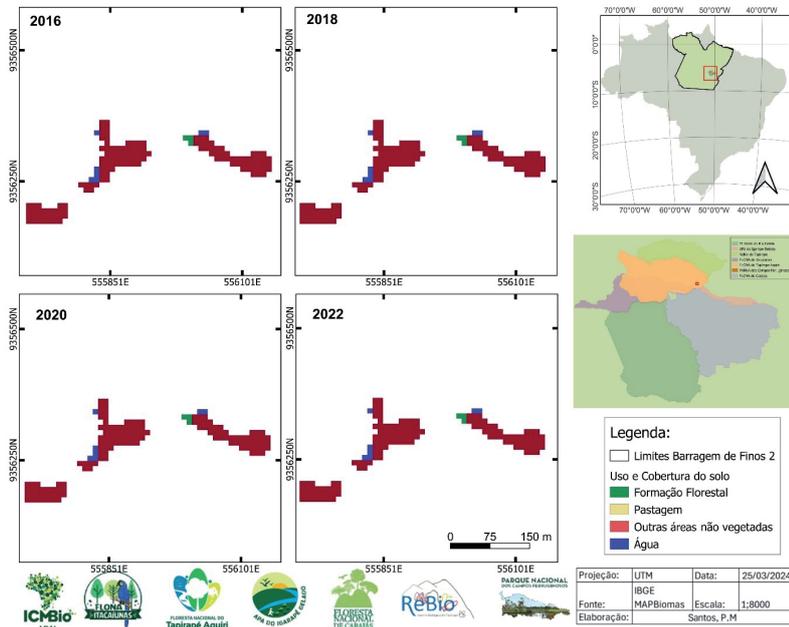


Figura 5 – Uso e cobertura do solo em área de plantio de restauração dos castanhais. Os mapas 2016 a 2022 destacam a mudança do uso e cobertura ao longo do tempo, especificamente da área de plantio denominada Barragem de Finos II.

Fonte: os autores.

O Dique de Finos II tem área de plantio de 7,39 ha, foram realizados plantios em 4 pontos, os quais no ano de 2012 eram área aberta, classificada

como pastagem. Ao longo do período de avaliação não houve mudanças quanto a classificação de uso antrópico, conforme pode ser observado na Figura 6.

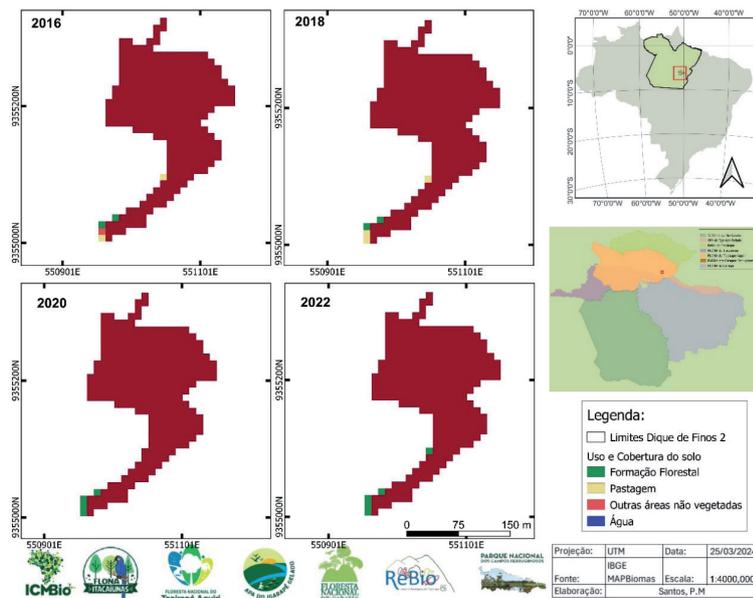


Figura 6 – Uso e cobertura do solo em área de plantio de restauração dos castanhais. Os mapas 2016 a 2022 destacam a mudança do uso e cobertura ao longo do tempo, especificamente da área de plantio denominada Dique de Finos II.

Fonte: os autores.

Esses recortes são exemplos do que ocorreu na maioria das áreas de plantio, cuja avaliação através das imagens constatou ganho de floresta inferiores a 30%. Um exemplo de área onde houve mudança apenas no tipo de uso, sem incremento florestal foi

a Jazida 02, o uso anterior ao plantio era pastagem e o uso atual foi classificado como outras áreas não vegetadas, na legenda do MapBiomas, estas são áreas antrópicas, geralmente de uso urbano (Figura 7).

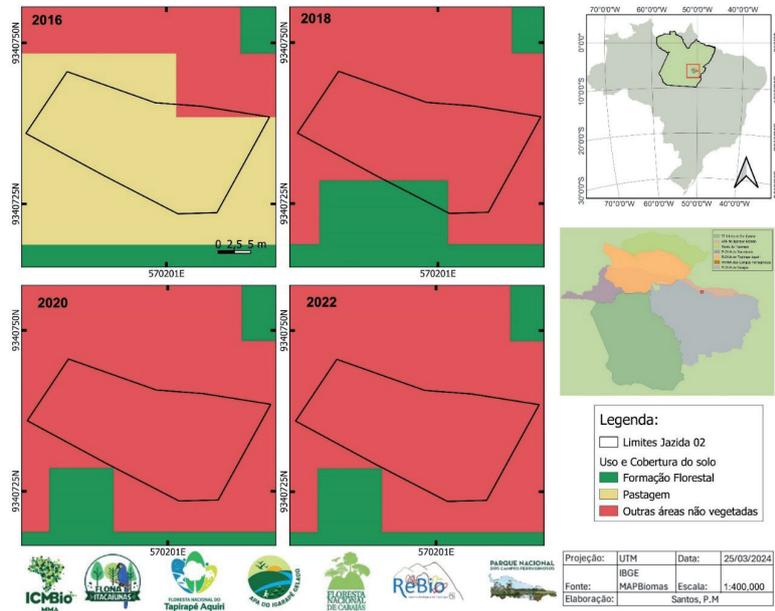


Figura 7 – Uso e cobertura do solo em área de plantio de restauração dos castanhais. Os mapas 2016 a 2022 destacam a mudança do uso e cobertura ao longo do tempo, especificamente da área de plantio denominada Jazida 02. Fonte: os autores.

Observamos uma intensa dinâmica de uso do solo ao longo dos anos de avaliação (2016 a 2022), muito mais voltada ao uso antrópico do que para restauração. As classes de uso predominante nas áreas foram: pastagem; outras áreas não vegetadas

e formação florestal. O somatório das áreas de pastagem em 2016 foi de 937,69 ha, passando para 649,91 em 2022. A área classificada como floresta em 2016 foi de 1,310, passando para 1,849 ha em 2022 (Figura 8).

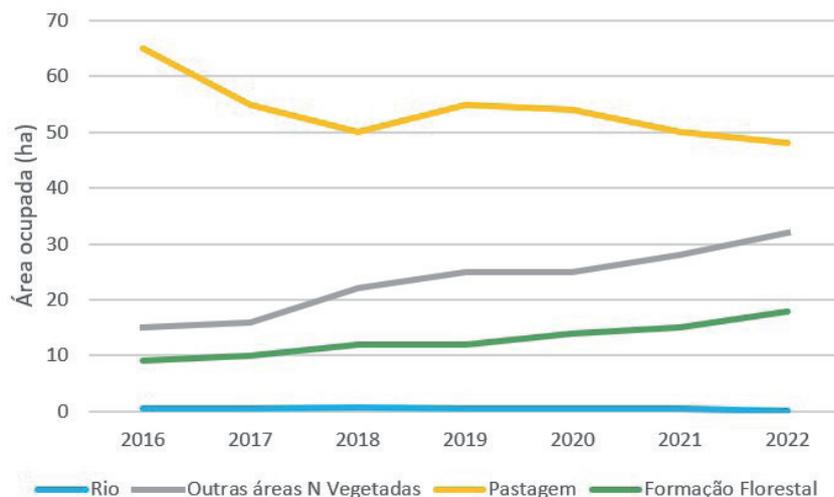


Figura 8 – Mudanças de uso e cobertura do solo ao longo do tempo (2016 a 2022) nas áreas de plantio compensatório da região de Carajás. Fonte: os autores.

Ao longo dos anos observamos a mudança de cobertura do solo mais relacionadas a alternância dentro dos usos antrópicos, de pastagem para áreas não vegetadas como construções. Apesar de a avaliação ter sido realizada exclusivamente em áreas destinadas à restauração, poucas foram as áreas onde observamos ganho de vegetação, o que foi identificado em imagens e confirmado em atividades de campo para validação dos dados.

Discussão

Entidades como a Aliança para a Restauração [10], a Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (SOBRE), a Rede Brasileira de Restauração Ecológica (REBRE) [18], a Society for Ecological Restoration (SER) [19] e autores da área [20][22] são unânimes em falar da importância do monitoramento da restauração e como esse recurso pode melhorar o processo de restauração [10]. Isso evidencia a importância da implementação de estratégias de monitoramento de menor custo e fácil execução [23].

A utilização de imagens de satélite em alta resolução por vezes é algo bastante dispendioso. As imagens que possuem alta resolução espacial e temporal costumam ter um alto custo econômico. Já considerando as alternativas gratuitas, geralmente têm baixa resolução espacial e temporal o que torna a avaliação de pequenas áreas imprecisa, uma vez que as áreas em restauração costumam ser de pequena extensão. Dessa forma, a iniciativa MapBiomas nos traz uma ferramenta de grande ajuda neste processo, disponibilizando imagens de alta resolução, com resolução temporal e já classificadas de acordo com os usos e coberturas do solo [12].

A iniciativa de restauração que avaliamos, visava restaurar principalmente áreas de pastagem e capoeiras abandonadas [24]. Áreas sob esses usos, costumam apresentar bom desenvolvimento quando tomados os devidos cuidados do manejo [25]. Contudo, vale ressaltar que só a introdução de espécies não é garantia de que os processos ecológicos retornem a longo prazo, sendo necessário a incorporação dos processos ecológicos externos à área em restauração [26].

A restauração ecológica busca refazer processos naturais e sucessionais, aumentando a resiliência do ecossistema em restauração [3][4] direcionando a comunidade degradada afim de promover a integração com a paisagem de entorno [3]. As áreas onde observamos a recomposição florestal (jazidas 3, 4, 5 e pedreira) eram áreas pequenas

que em seu entorno apresentam remanescentes florestais. o que pode ter favorecido a sucessão florestal nessas áreas, sendo a possível razão para o incremento da vegetação nessas áreas.

O tamanho das áreas em restauração, a promoção da conexão das áreas e a necessidade do aumento da escala da restauração são alguns dos gargalos discutidos na restauração mais recentemente [24]. Observamos que as áreas em restauração foram escolhidas de forma a atender a necessidade da empresa que estava fazendo a compensação [27]. Dessa forma, não foi pensado na restauração em escala da paisagem [28], nem escolhidas as melhores áreas, seja no contexto da necessidade de restauração ou ambientes que dariam melhor resultados a curto prazo [27][29].

Os fatores discutidos acima têm importância quando pensamos no tempo que pode levar para se restaurar uma área [30]. A continuidade das iniciativas de restauração ao longo do tempo é outro gargalo do processo de restauração, pois algumas áreas podem demorar mais para se restabelecer, a depender de vários fatores, inclusive a inexistência de um projeto de monitoramento [29,30]. E esse tempo pode levar algumas iniciativas a serem abandonadas antes de sua conclusão. As áreas que estudamos tem em média 12 anos do início da restauração e muitas delas podemos considerar que estão em completo abandono.

Lamb [24] destaca que métricas de sensoriamento remoto têm o potencial de complementar avaliações baseadas em campo e aumentar a frequência de esforços futuros de monitoramento. O monitoramento periódico das áreas em restauração, dá ao processo um caráter de retroalimentação, à medida que observo os resultados do monitoramento, é possível identificar as falhas a tempo de corrigi-las [10][24].

Conclusão

O monitoramento é uma etapa fundamental do projeto de restauração, pois configura-se como uma atividade constante, que deve ser implementada desde o primeiro momento. Dessa forma, a experimentação da aplicação de geotecnologias no monitoramento da restauração se mostrou viável e de fácil implementação.

Assim como os dados de campo, a avaliação feita por imagens mostrou que a restauração avaliada apresenta resultados pouco efetivos, tendo em vista

que o aumento da cobertura vegetal e consequente redução das áreas de pastagem não foram observados. Através das imagens também conseguiram detectar áreas onde houve efetividade da restauração, com aumento da cobertura vegetal, mesmo em áreas de tamanho reduzido. Esse fato demonstra a importância da adoção de estratégias de manejo adaptativo que contemplem as especificidades das iniciativas voltadas para restauração.

Desse modo, fica demonstrado que as geotecnologias são ferramentas importantes no manejo de áreas em restauração, uma vez que é possível indicar a porcentagem de área coberta por vegetação e classificar aquelas que são de interesse para restauração nas proximidades, favorecendo a conectividade entre fragmentos.

Referências

- Lama C Del, Rosa M, Azevedo T, Shimbo J, Teixeira L, Oliveira M, et al. [Internet]. 2024 May 28. RAD2023: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023 [Acesso em: 2024 Jun 9]. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org/team>.
- Van Passel J, Bernardino PN, Lhermitte S, Rius BF, Hirota M, Conradi T, et al. Critical slowing down of the Amazon forest after increased drought occurrence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Proceedings of the National Academy of Sciences; 2024; 121(22) :e2316924121. DOI: 10.1073/pnas.2316924121
- Holl KD, Lesage J, Amazonas N, Resende A, Simões L, Vizcaya E, et al. Holl KD, editor. Fundamentos da restauração [Internet]. 1st ed. México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Instituto de Física; 2023 [Acesso em: 2023 May 15]. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Fundamentos_da_restauração%3%A7%C3%A3o_ecológica%3%B3gica.html?id=hUm7EAAAQBAJ&redir_esc=y
- SER S for ERIS& PWG. Fundamentos de Restauração Ecológica. Sociedade Internacional para Restauração Ecológica [Internet]. 2004; Disponível em: www.ser.org
- Mansourian S, Berrahmouni N, Blaser J, Dudley N, Maginnis S, Mumba M, et al. Reflecting on twenty years of forest landscape restoration. *Restor Ecol*. John Wiley and Sons Inc; 2021;29(7). DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.13441>
- de Moraes LFD, Campello EFC, Franco AA. Restauração florestal: Do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. *Oecologia Australis*. 2010;14(2):437–51. DOI: 10.4257/oeco.2010.1402.07
- Bruno Rocha Martins W, Douglas Roque Lima M, de Oliveira Barros Junior U, Sousa Villas-Boas Amorim L, de Assis Oliveira F, Schwartz G. Ecological methods and indicators for recovering and monitoring ecosystems after mining: A global literature review. Vol. 145, *Ecological Engineering Elsevier B.V.*; 2020.
- Guerra A, Reis LK, Borges FLG, Ojeda PTA, Pineda DAM, Miranda CO, et al. Ecological restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps. Vol. 458, *Forest Ecology and Management Elsevier B.V.*; 2020.
- Brancalion PHS, Gorne viani RA, Rodrigues RR, Gandolfi S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração [Internet]. São Paulo; 2013 [Acesso em: 2023 Aug 18]. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.esalqlastrop.com.br/img/aulas/Cumbuca%206\(2\).pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.esalqlastrop.com.br/img/aulas/Cumbuca%206(2).pdf)
- Aliança pela Restauração na Amazônia. Recomendações para o monitoramento da restauração na Amazônia [Internet]. 1st ed. Vol. 1 Belém, PA: Aliança pela Restauração na Amazônia; 2022 [Acesso em: 2023 Aug 18]. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aliancaamazonia.org.br/wp-content/uploads/2022/11/monitoramento-alianca-web2.pdf>
- Projeto (MapBiomas). Projeto MapBiomas - Coleção 8.0 da série anual de mapas de cobertura e uso do solo no Brasil [Internet]. 2023. Coleção [8.0] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil - Metodologias MapBiomas [Acesso em: 2023 Mar 21]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>
- MapBiomas. <https://brasil.mapbiomas.org/2023/08/17/mapbiomas-publica-primeira-colecao-de-mapas-de-cobertura-e-uso-da-terra-com-resolucao-espacial-de-10-metros/> [Internet]. 2023 Nov. A coleção MapBiomas 10 Metros beta
- Mesquita Da Luz L, Edilson J, Rodrigues C, Carvalho Da Ponte F, Nunes Da Silva C. ATLAS GEOGRÁFICO ESCOLAR DO ESTADO DO PARÁ GAPTA / UFPA BELEM-2013 1ª Edição.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, De Moraes Gonçalves JL, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 2013;22(6):711–28. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Lopes MNG, De Souza EB, Ferreira DB da S. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia* [Internet]. 2013 [Acesso em: 2024 May 9];9:84–102. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13689/7047>
- Congedo L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *J Open Source Softw. The Open Journal*; 2021;6(64):3172. DOI: 10.21105/joss.03172

17. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, editor. Acesso e uso de dados geoespaciais. 14th ed. Vol. 14 Rio de Janeiro: IBGE; 2019.
18. SOBRE. Restauração no Brasil [Internet]. 2024 Jul 10. Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (SOBRE) [Acesso em: 2024 Jul 9]. Disponível em: <https://www.sobrestauracao.org/>
19. Bartholomew DC, Mosyafitiani A, Morgan B, Shah T, Shaw K, Stillman C, et al. The Global Biodiversity Standard: Manual for assessment and best practices Authors [Internet]. Washington, D.C. USA; 2024 Jul [Acesso em: 2024 Jul 10]. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/docs/The-Global-Biodiversity-Stan.pdf>
20. Brancalion P, Viani R, Rodrigues R, Gandolfi S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: Martins S, editor. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. [Internet]. 2nd ed. Viçosa: Editora UFV; 2015 [Acesso em: 2024 Jul 11]. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.esalqilastrop.com.br/img/aulas/Cumbuca%206\(2\).pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.esalqilastrop.com.br/img/aulas/Cumbuca%206(2).pdf)
21. Strassburg B, Branco PD, Iribarrem A, Latawiec A, Salcedo C, Rocha D, et al. Identificando Áreas Prioritárias para Restauração- Bioma Amazônia. Rio de Janeiro; 2022 Nov 10.
22. Rodrigues RR, Padovezi A, Farah FT, Garcia LC, Sanglade LG, Brancalion PHS, et al. Protocolo de monitoramento para Programas e Projetos de Restauração Florestal. Pacto pela Restauração da Mata Atlântica [Internet]. 2013 [Acesso em: 2024 Jul 10];1:1–61. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.pactomataatlantica.org.br/wp-content/uploads/2021/05/protocolo-de-monitoramento-pt.pdf>
23. Bartholomew DC, Mosyafitiani A, Morgan B, Shah T, Shaw K, Stillman C, et al. Remote Sensing Survey. In: The Global Biodiversity Standard: Manual for assessment and best practices Authors. [Internet]. 1st ed. Washington, D.C. USA: Botanic Gardens Conservation International.; 2024 [Acesso em: 2024 Jul 10]. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/docs/The-Global-Biodiversity-Stan.pdf>
24. Lamb D. Undertaking large-scale forest restoration to generate ecosystem services. *Restor Ecol. John Wiley & Sons, Ltd*; 2018;26(4):657–66. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12706>
25. Ghazoul J, Chazdon R. Annual Review of Environment and Resources Degradation and Recovery in Changing Forest Landscapes: A Multiscale Conceptual Framework. *Annu Rev Environ Resour.* 2017;42:161–88. DOI: 10.1146/annurev-environ
26. Parker VT. The Scale of Successional Models and Restoration Objectives. *Restor Ecol. John Wiley & Sons, Ltd*; 1997;5(4):301-6. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1997.00031.x>
27. Ruíz J, Vargas O, Rodríguez N. Restoration priorities: Integrating successional states and landscape resilience in tropical dry forest compensation projects in Colombia. *Applied Geography.* 2023;157:103021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103021>
28. Leite M de S, Tambosi LR, Romitelli I, Metzger JP. Landscape ecology perspective in restoration projects for biodiversity conservation: A review. *Natureza a Conservacao. Fundacao O Boticario de Protecao a Naturezas*; 2013;11(2):108–18. DOI: 10.4322/natcon.2013.019
29. Crouzeilles R, Curran M, Ferreira MS, Lindenmayer DB, Grelle CE V, Rey Benayas JM. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nat Commun.* 2016;7(1):11666. DOI: 10.1038/ncomms11666
30. Holl KD, Reid JL, Chaves-Fallas JM, Oviedo-Brenes F, Zahawi RA. Local tropical forest restoration strategies affect tree recruitment more strongly than does landscape forest cover. *Journal of Applied Ecology. John Wiley & Sons, Ltd*; 2017;54(4):1091-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12814>

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/revistaeletronica/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

