[OFFICIAL]

Categoria VII: Natureza positiva

Eixo temático: Conservação da Biodiversidade

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

RESTAURAÇÃO ATIVA E PASSIVA COMO ESTRATÉGIA PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NA RESERVA DA BIOSFERA DA SERRA DO ESPINHAÇO, MINAS GERAIS

Anglo American

DIAS, Luiz Gustavo
POMPERMEYER, Rafael
BEDOYA, Juliana
FRANÇA, Arthur Toledo RC
MOREIRA, Victor Hugo

Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026



Anglo American

Histórico: fundada em 1917, na África do Sul; mais de um século de mineração global e presença no Brasil desde os anos 1970.

Atuação: minério de ferro (Minas-Rio, MG), níquel (Barro Alto, GO) e escoamento pelo Porto do Açu (RJ).

Porte: grande empresa, com cerca de 9 mil empregados próprios e contratados no país.

CNAE e grau de risco: extração de minerais metálicos (grupo 07) — grau de risco 4 (NR-4).

Objetivo

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

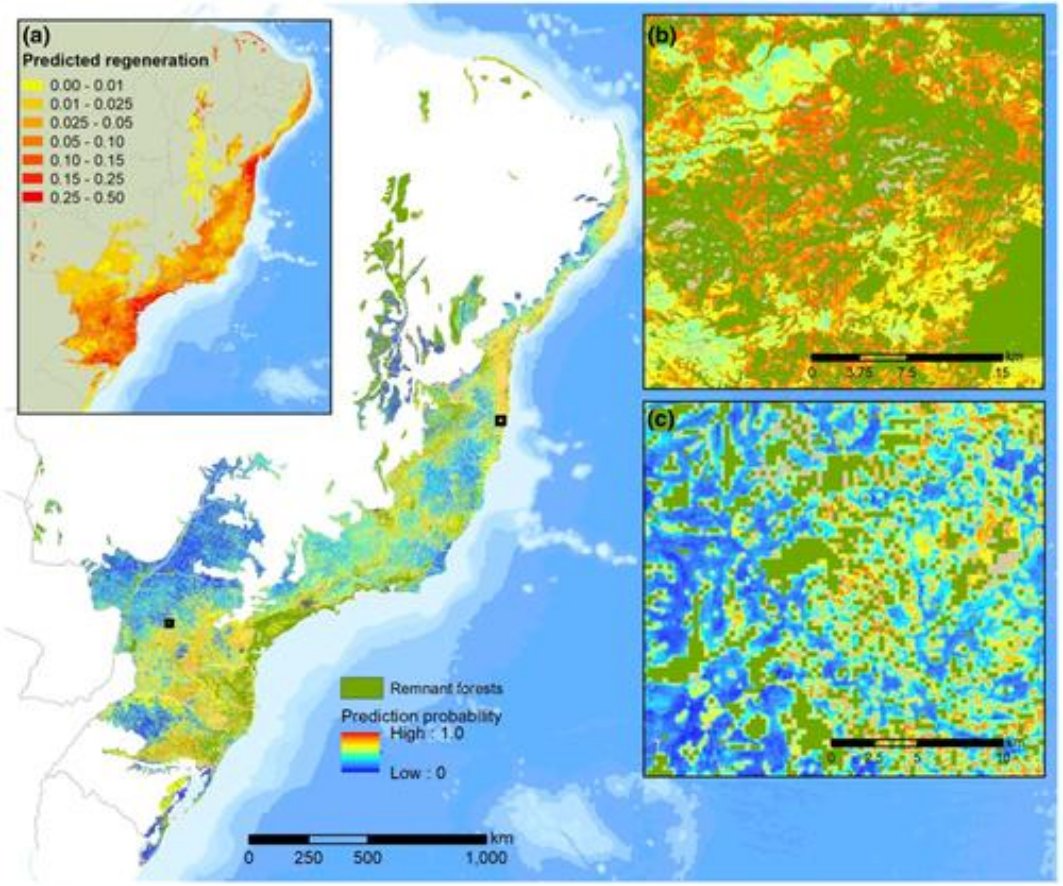
Investigar os **fatores ambientais e que influenciam o sucesso da restauração** ativa e passiva, bem como os **padrões temporais**, visando **aplicação das** suas **premissas** aos projetos de restauração na indústria

Comparar os custos das duas técnicas com vistas à geração de créditos de carbono. Indicar em quais contextos cada técnica é mais indicada, subsidiando a tomada de decisão

(CROUZEILLES, et al., 2020 DI SACCO et al., 2020; SEDDON et al., 2021; PÖRTNER et al., 2022; WORLD BANK GROUP, 2022ab)

Introdução

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026



Desafio das Mudanças Climáticas

23% das emissões é coberto por CPIs

Lei nº 15.042/2024: instituiu o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa

SbN podem cobrir 20% do carbono emitido

Restauração passiva (RP) é peça-chave desta estratégia, por ser uma abordagem mais econômicas

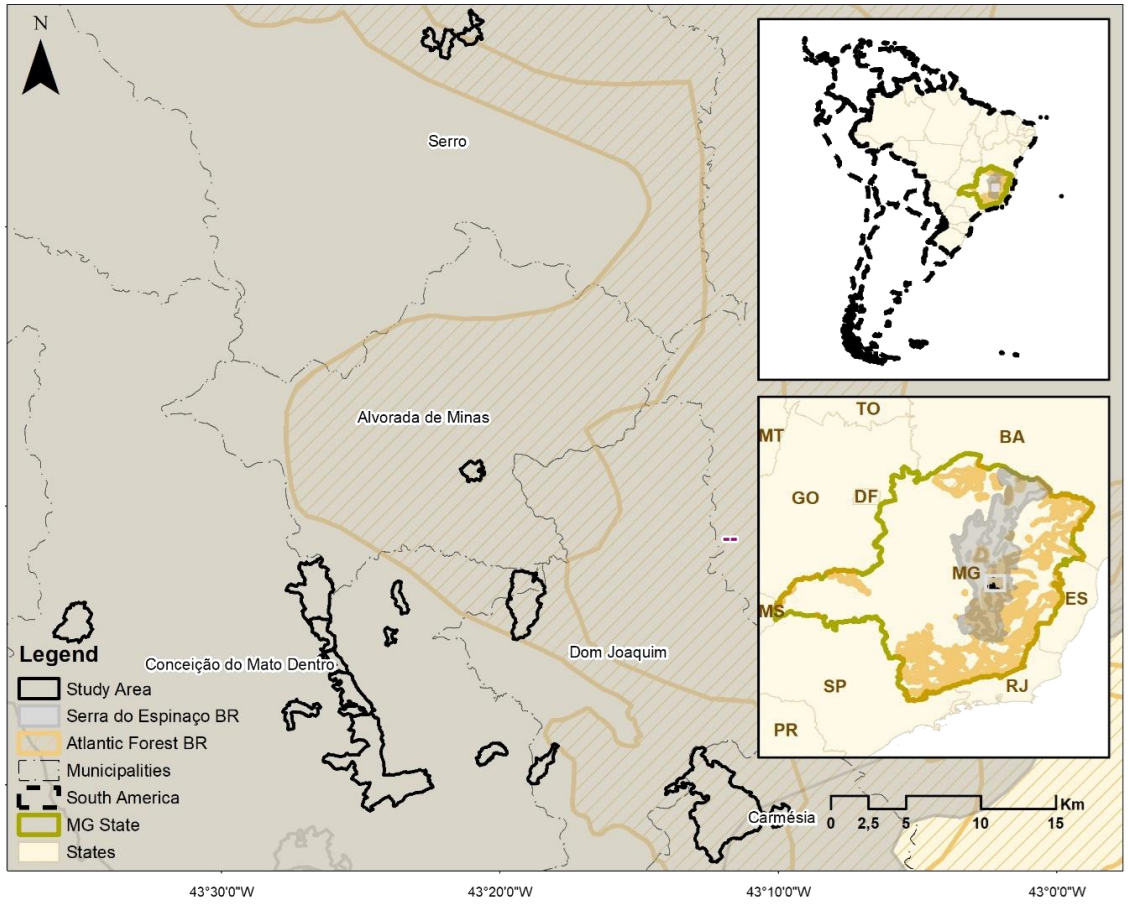
Larga escala a nível de paisagem

A RP cobriu 2,72Mha de vegetação nativa entre 1996 e 2015

(CROUZEILLES, et al., 2020 DI SACCO et al., 2020; SEDDON et al., 2021; PÖRTNER et al., 2022; WORLD BANK GROUP, 2022ab)

Desenvolvimento: Metodologia

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026



Área de Estudo

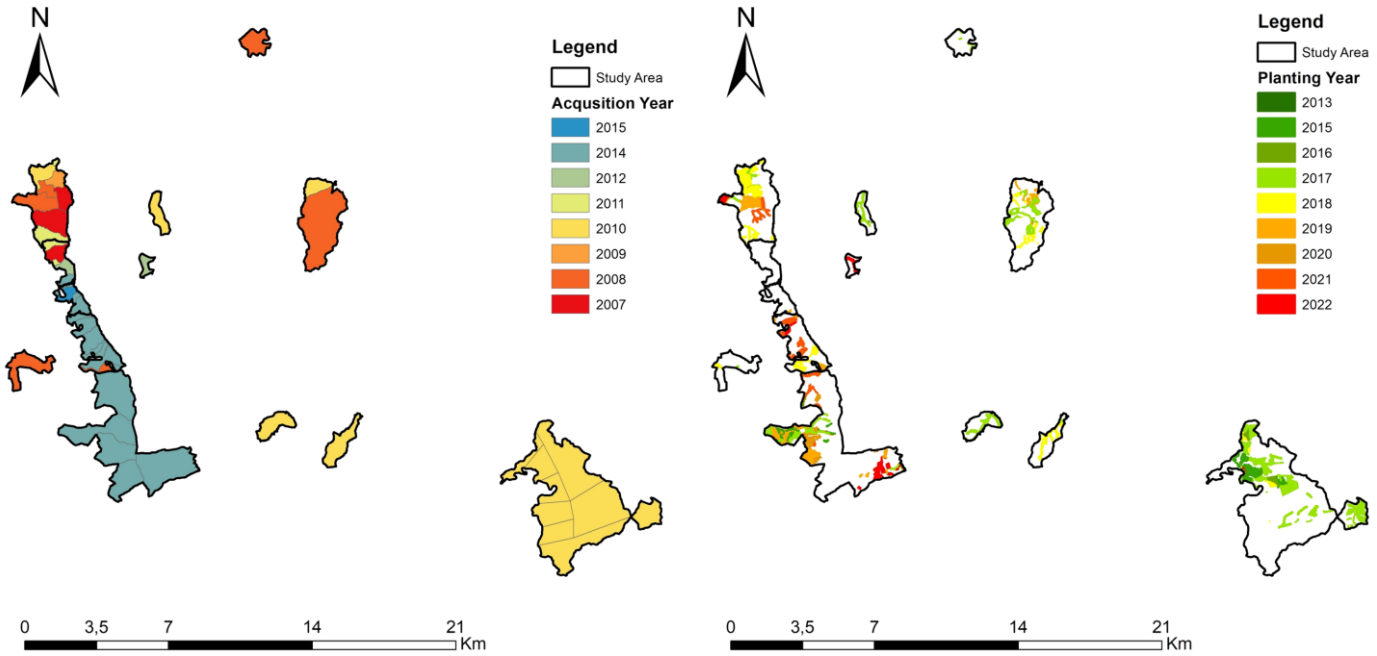
49 propriedades para Compensação Florestal em 5 municípios de MG: **7.233 ha**

Reservas da Biosfera: Serra do Espinhaço e Mata Atlântica

2 Estações bem definidas
Precipitação média: **1391 mm**
Elevação média: 728 m (538 a 1138)
Solos: Latossolos e Neossolos
Exposições: L(21%), O(20%), SE (14%)
Incêndios Florestais: 2014 e 2019

Desenvolvimento: Metodologia

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026



As propriedades foram adquiridas entre 2007 e 2015, quando foi iniciado **cercamento** e proteção florestal;

Os plantios foram **iniciados em 2013**, após aprovação dos projetos de compensação:

A **idade da restauração ativa** (plantio) **e passiva** (cercamento) foi **calculada em relação ao ano de 2021** (Coleção 7 do MapBiomas).

Desenvolvimento: Metodologia

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Fonte: Map Biomas Cl 7 (1:50.000)

Reclassificação

Uso e Ocupação do Solo 2008	Uso e Ocupação do Solo 2021
Vegetação Nativa	Vegetação Nativa
Agropecuária	Agropecuária
Silvicultura	Silvicultura
Recursos Hídricos	Recursos Hídricos

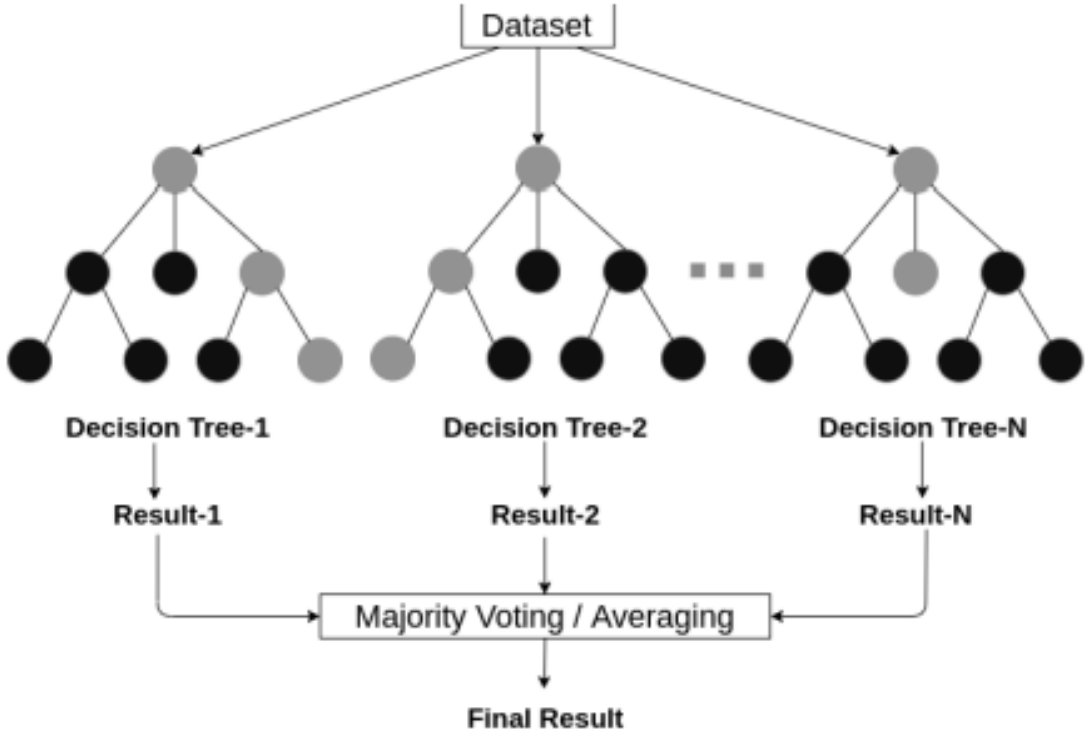
Critério de sucesso

Desenvolvimento: Metodologia

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Variável Explanatória	Unidade	Fonte primária	Código
Idade da Restauração Passiva	Anos	Anglo American	ARage
Idade da Restauração Passiva	Anos	Anglo American	PRage
Idade da Aquisição da Terra	Anos	Anglo American	Acqage
Mudas plantadas	Mudas/hectare	Anglo American	Seedl
Distância do Fragmento Próximo	Metros	MapBiomas	FrDist
Área do Fragmento mais Próximo	Hectares	MapBiomas	FrArea
Distância de Recursos Hídricos	Metros	IGAM	WtDist
Indice de Aptidão do Solo*	Adimensional	Mapa de Solo da UFV	SoilSI
Ângulo de Exposição da Encosta	Graus	MDE do SRTM	Aspct
Declividade	Graus	MDE do SRTM	Slope
Elevação	Metros	MDE do SRTM	Elev
Distância de estradas	Metros	IBGE	RdDist
Ocorrências de Incêndios	Numero	Anglo American	FRNum
Idade do Último Incêndio	Anos	Anglo American	FRAge

Desenvolvimento: Metodologia



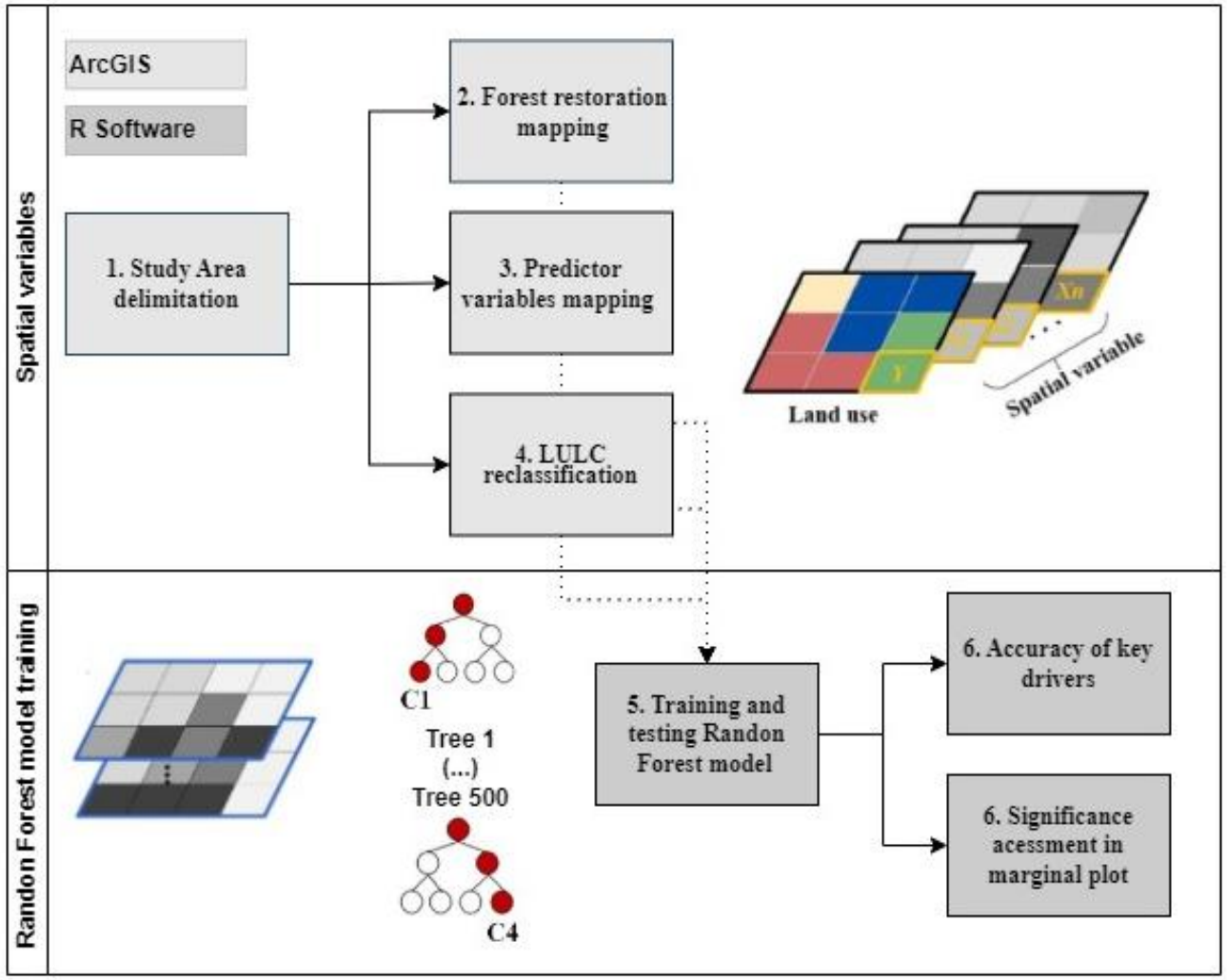
Ambiente R: *Mass* e *Randon Forest*

Random Forest foi desenvolvido em 2001: Composta por um **conjunto de árvores de decisão**, onde a construção de cada árvore (com variáveis explanatórias) é feita de forma aleatória

Cada **árvore aleatória (500)** no **modelo relaciona o sucesso da restauração (Y)** com as **14 variáveis** independentes **(X)** e a previsão depende do número de votos

2 índices de medidas de importância: mean decrease in accuracy (**MDA**) e mean decrease in Gini (**MDG**), com **significância** das variáveis ambientais foi analisada através de **gráficos marginais**

Desenvolvimento: Metodologia



Desenvolvimento: Metodologia

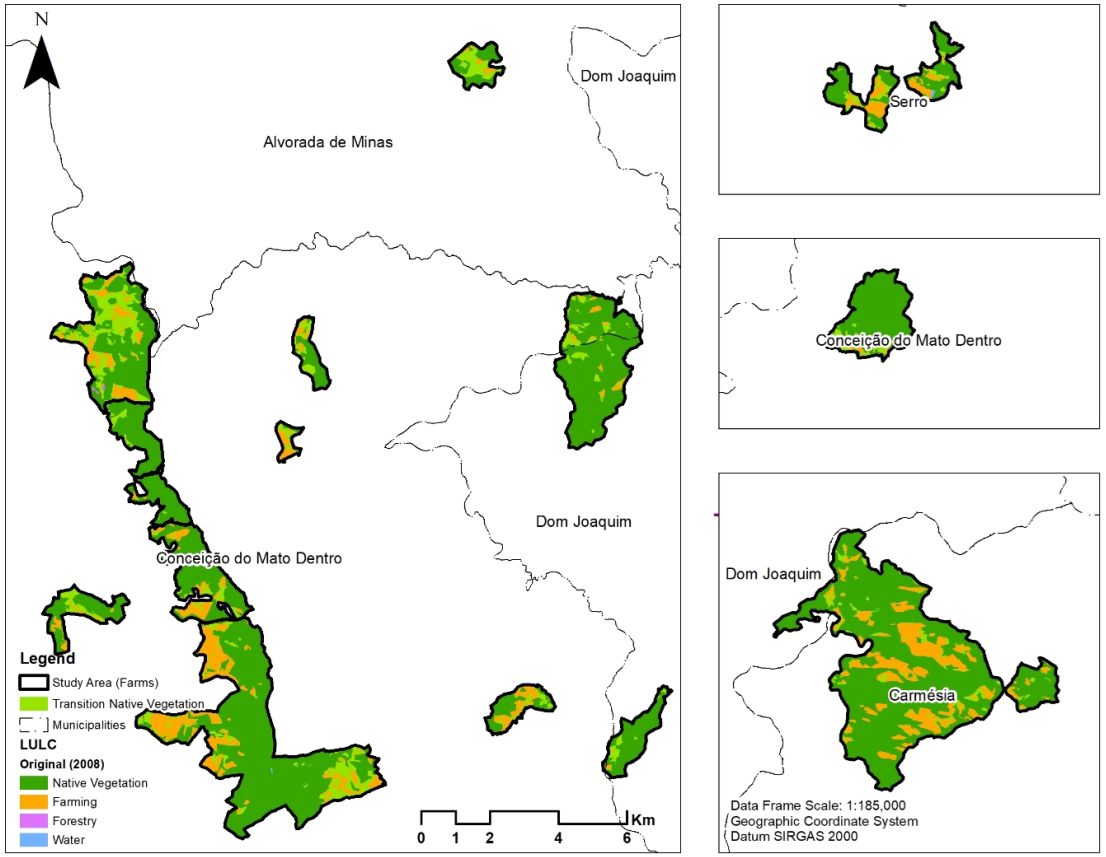
PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Ano	Atividades	Restauração Ativa (RA)	Restauração Passiva (RP)
		Investimento (US$)	
0	Cercamento (Ambos); Plantio (RA)	$ 2.925,00	$ 400,00
1	Conservação (Ambos); 1ª e 2ª Manutenção (RA)	$ 1.887,50	$ 100,00
2	Conservação (Ambos); 3ª e 4ª Manutenção (RA)	$ 1.237,50	$ 100,00
3	Conservação (Ambos); 5ª e 6ª Manutenção (RA)	$ 750,00	$ 100,00
4 a30	Conservação (Ambos)	$ 100,00	$ 100,00
Investimento total (US$)		**$ 9.500,00**	**$ 3.400,00**
Carbon Capturado em 30 anos* (CO2e/há)		**363**	**239**

Preços de comercialização de **créditos de carbono: de 0 a 100 US$/$tCO_2e$**
Indicador: VPL – Valor Presente Líquido
Taxas de desconto: 5, 10 e 15%
Taxa de câmbio: 5 R$ = 1 US$
*Modelagem conforme Brancalion et al. (2021): 12 e 8 tCO2e/anual para RA e RP, respectivamente

Conclusão: Resultados

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026



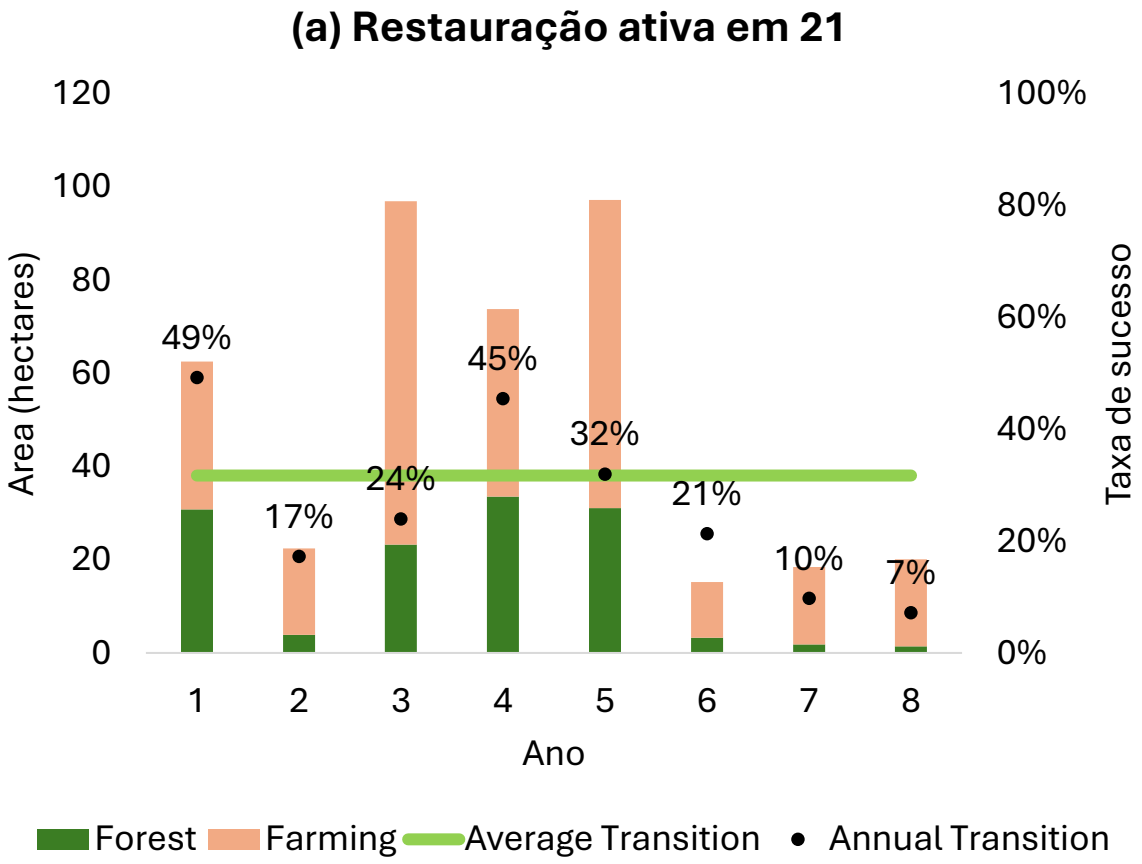
A **vegetação nativa aumentou 669 hectares** no período (9.25%)

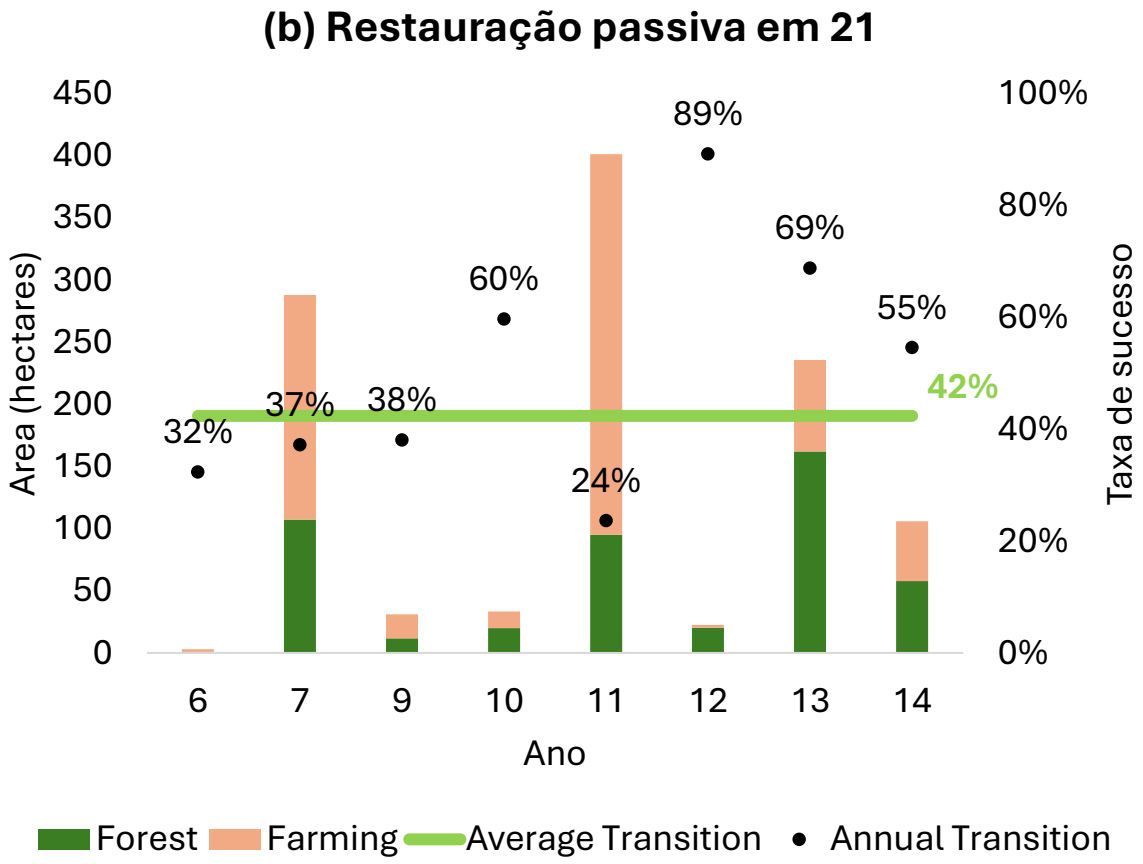
Crescimento anual de 0,69% ao longo dos 13 anos estudados

Superior à média do bioma entre 1996 e 2015: 0,39% anual (CROUZEILLES, et al., 2020)

Conclusão: Resultados

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026





Desenvolvimento: Metodologia

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Restauração passiva é efetiva a partir de 10 anos

Resistência para aprovação de projetos de restauração que propõem apenas isolamento;

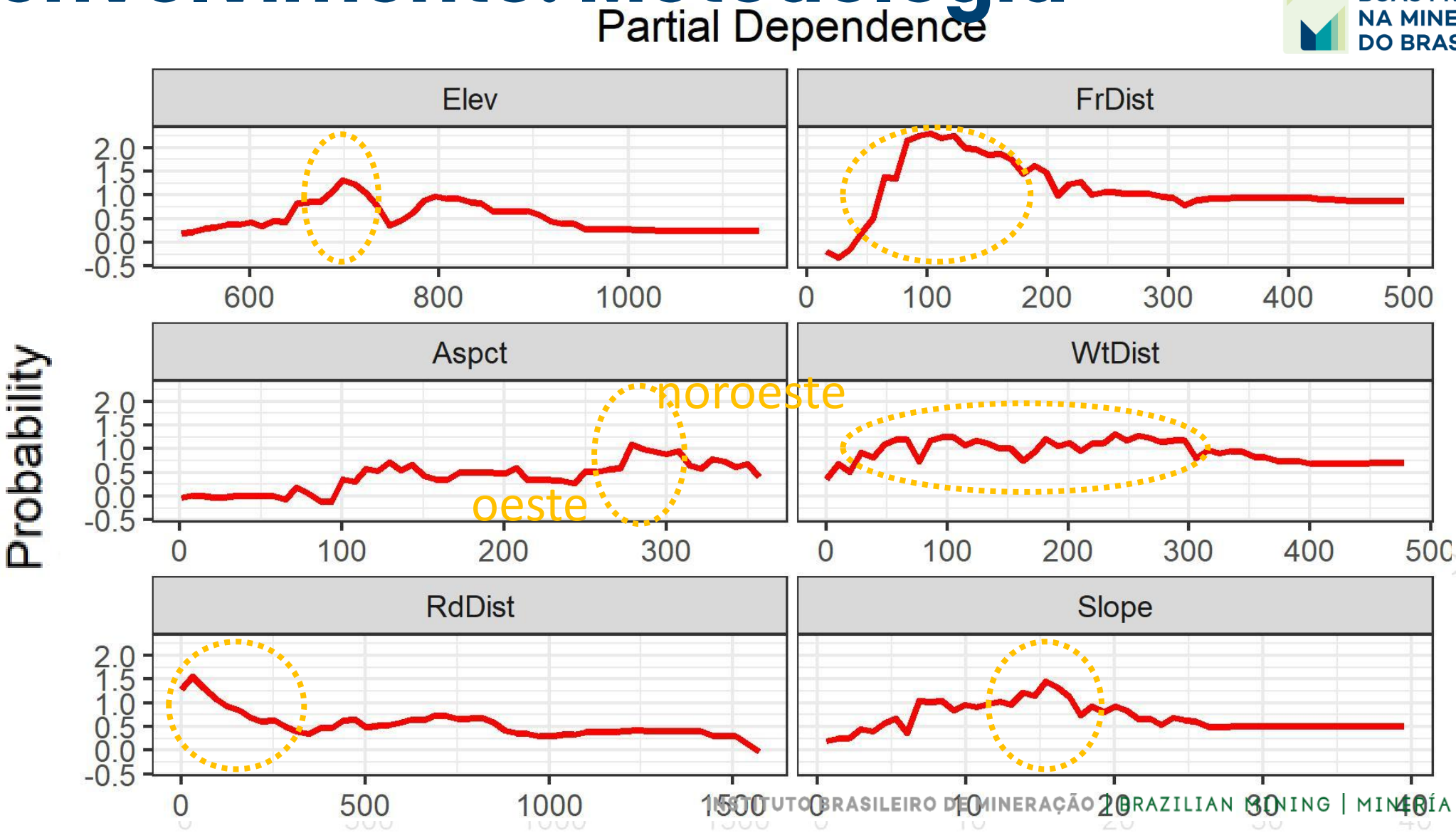
Comumente, os cronogramas de restauração abordam os primeiros 5 anos de atividades;

Sugestões:

- Estudos de potencial de regeneração natural;
- Uso irrestrito da RP em compromissos com conservação perpétua.

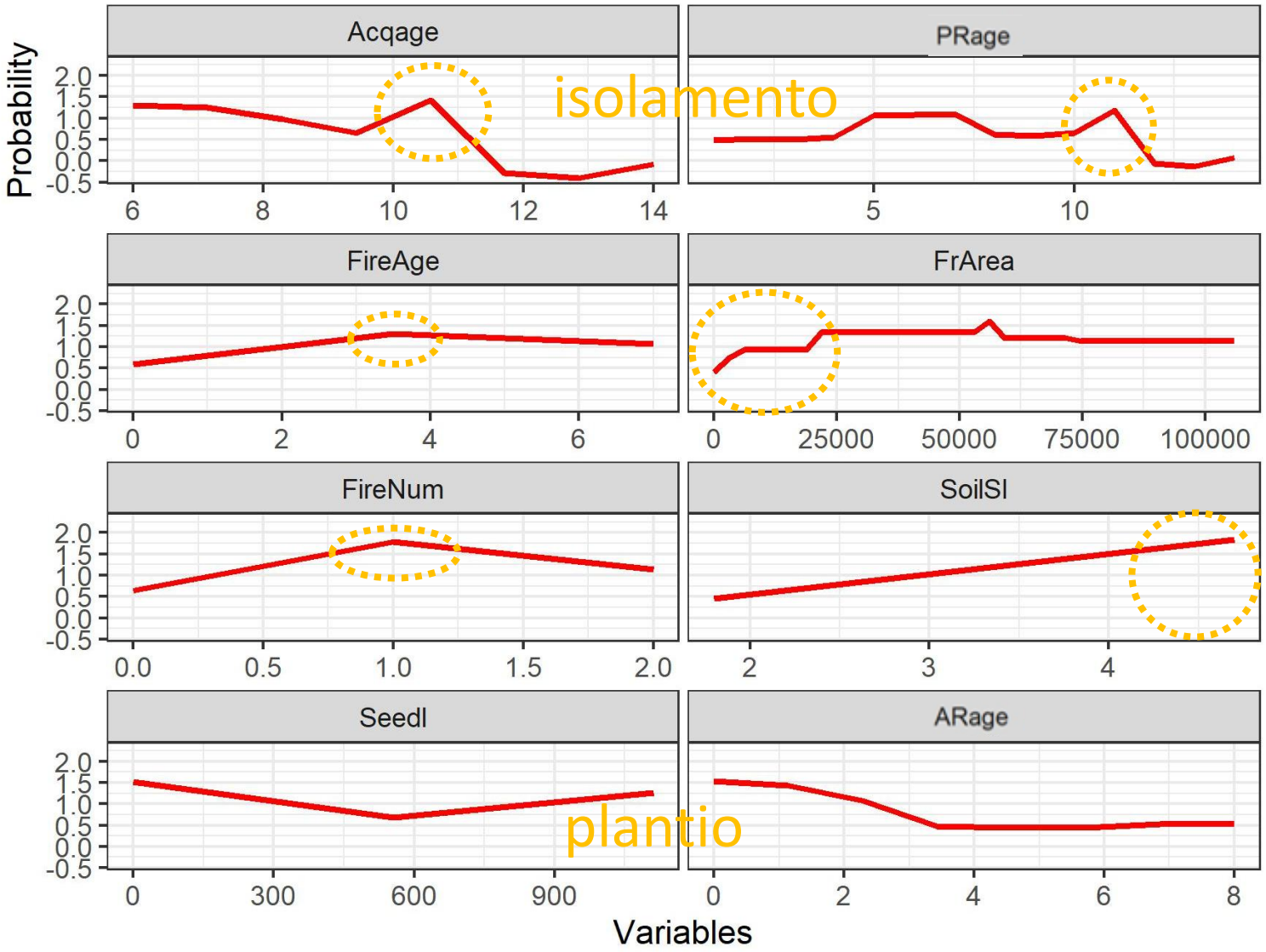
Desenvolvimento: Metodologia

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026



Conclusão: Resultados

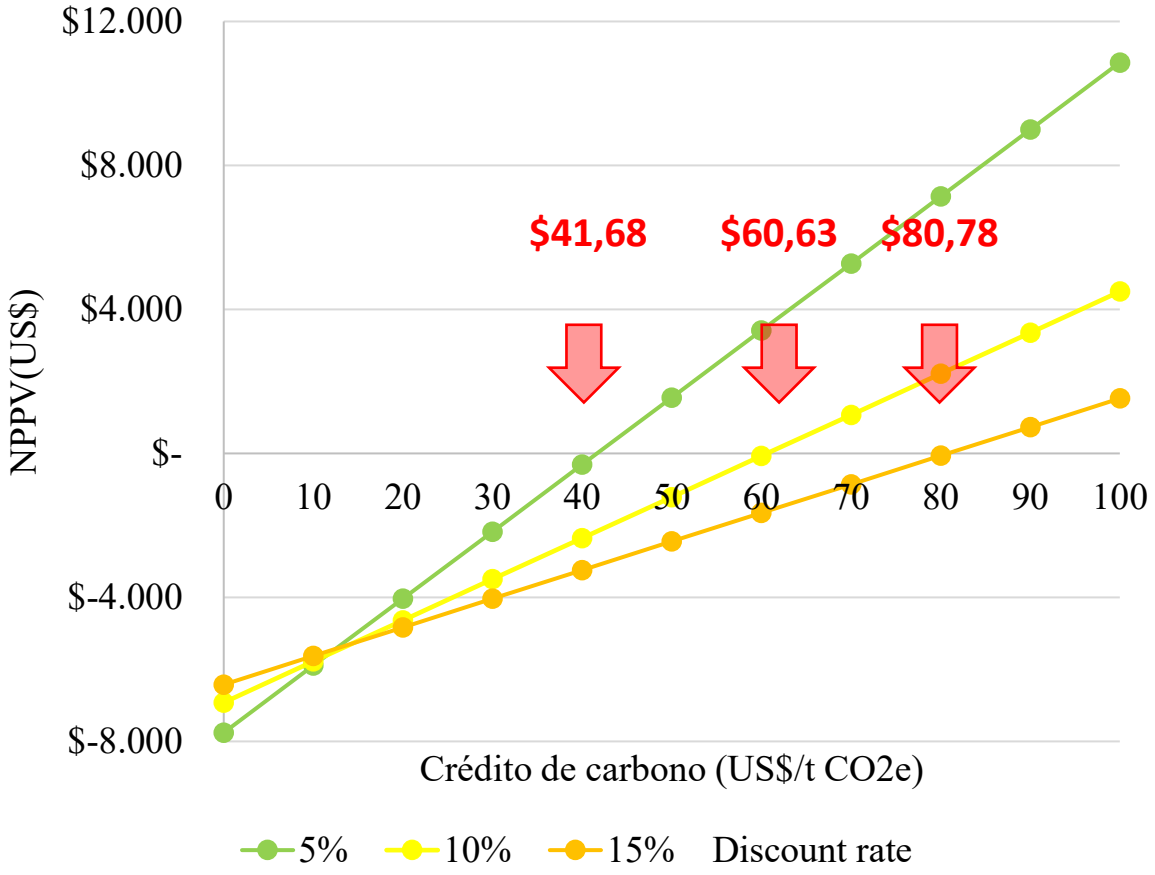
PRÊMIO
BOAS PRÁTICAS
NA MINERAÇÃO
DO BRASIL 2026



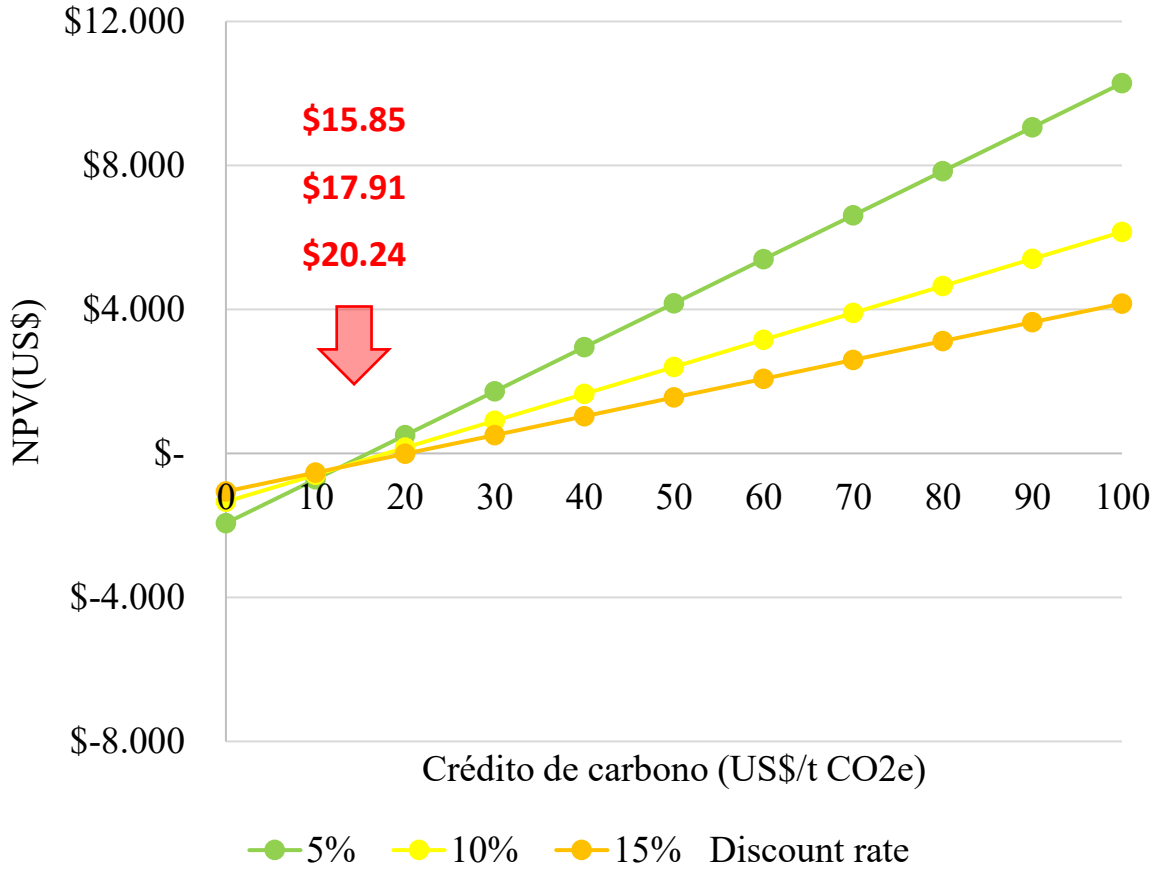
Conclusão: Resultados

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

(a) Restauração ativa



(b) Restauração passiva



Conclusão: Resultados

Restauração florestal para créditos de carbono

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Limitações

- **Baixo número de projetos**
- **Alto investimento inicial**,
- **Baixa retorno**,
- **Longo período de retorno** do investimento,
- Incompatibilidade com **opções de financiamento,**
- **Critérios de registro** de créditos de carbono,
- **Riscos à posse das terras**,
- **Falta de estabilidade** política e econômica,

Oportunidades

- **Financiamentos de baixo custo**;
- **Regulações** e incentivos governamentais;
- **Redução de custos** de implantação e propriedades;
- **Aumento da demanda** por créditos de carbono;
- **Controvérsias** sobre projetos **REDD+**;
- **Valor de projetos de captação** de carbono;
- **Oferta de co-benefícios** sociais e à biodiversidade;

(WEST et al., 2020; WEST et al., 2023; ECOSYSTEM MARKEKPLACE, 2023; PROSBT et al., 2023)

Conclusão: Resultados

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoleng



Use of active and passive restoration strategies in the Brazilian Atlantic Forest biome for generation of carbon credits

Luiz Gustavo Dias [a], Evelyn M. Mervine [b,c], Danielle Piuzana Mucida [a], Cristiano Rodrigues Reis [d], Luciano Cavalcante de Jesus França [a,e,*], Eric Bastos Gorgens [a], Israel Marinho Pereira [a]

[a] Postgraduate Program in Forestry Science, Department of Forest Engineering, Federal University of Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), JK Campus, 5000 Highway MGT-367, Alto da Jacuba, CEP 39100-000 Diamantina, Minas Gerais, Brazil
[b] Centre for Environmental Responsibility in Mining, Sustainable Minerals Institute, The University of Queensland, St. Lucia, QLD 4072, Australia
[c] School of the Environment, The University of Queensland, St. Lucia, QLD 4072, Australia
[d] Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Remote Sensing Division, Umeå, Sweden
[e] Institute of Agricultural Sciences, Federal University of Uberlândia (UFU), km 1, LMG-746, Campus Araras, 38500-000, Monte Carmelo, Minas Gerais, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:
Planting
Regeneration
Reforestation
Remote sensing
Random forest
Carbon offsets
Carbon credits
Atlantic forest

ABSTRACT

In this study we explored how various environmental and technical factors affect forest succession and biomass recovery in passive restoration (PR) and active restoration (AR) of the Atlantic Forest, Brazil, as well as how the uncertainty tied to forest succession influences restoration costs. The research was conducted on farms purchased for mandatory biodiversity restoration in Minas Gerais state from 2000 to 2021. Although these restoration activities cannot generate carbon credits (no additionality), they nonetheless provide valuable data for understanding the costs associated with restoration of the Atlantic Forest for generation of carbon credits. We developed a chronosequence to investigate the effects of isolation duration and planting strategies on forest restoration success. A Random Forest model was implemented to evaluate succession dynamics and identify the primary drivers of restoration success. We also evaluated the relative costs of AR and PR by integrating aboveground carbon growth models with accumulated restoration expenses. Over a span of 13 years, natural vegetation rose by 9.25%. AR accelerates forest succession, but this is contingent upon a preceding extended isolation period. The success of restoration is largely affected by how close an area is to remaining forest fragments and its elevation, emphasizing the importance of being close to seed sources, even for AR where seedlings are planted. Factors such as distance to roads and rivers, slope, aspect, and age of isolation are also important in understanding reforestation success. Consistent with earlier research, PR decreases the cost per ton of carbon captured through the restoration process (16 USD/t CO_2e for PR vs 61 USD/t CO_2e for AR, considering the average carbon curve). An integrated approach combining passive and active restoration of the Atlantic Forest biome, tailored to geographic location and key success factors, offers an attractive strategy for reducing refor-

OBRIGADO!

Luiz Gustavo Dias
Luiz.dias@angloamerican.com
+55 (31) 98333-6659

IBRAM | 50
MINERAÇÃO DO BRASIL | ANOS