

ESTUDO DO DESMATAMENTO NO PROJETO TAUARI REDD+ E EM TRÊS FLORESTAS ESTADUAIS EM TARAUCÁ, ACRE

Fábio Menezes de Carvalho¹, Joelson Leal de Lima², Wilker Nazareno da Silva e Silva Junior³, Luã Carlos Rocha Diógenes⁴, Erick Rodrigo Porto Pinho⁵, Alberto Conceição Figueira da Silva⁶

¹Samauma S.A, Rua Eduardo de Souza Aranha, 153 - São Paulo, fabio.carvalho@samaum.com; ²Samauma S.A, Rua Eduardo de Souza Aranha, 153 - São Paulo, joelson.lima@samauma.com; ³Samauma S.A, Rua Eduardo de Souza Aranha, 153 - São Paulo, wilker.silva@projetotauari.com; ⁴Samauma S.A, Rua Eduardo de Souza Aranha, 153 - São Paulo, luan.rocha@projetotauari.com; ⁵Samauma S.A, Rua Eduardo de Souza Aranha, 153 - São Paulo, erick.pinho@projetotauari.com; ⁶Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, Santarém, alberto.tucuman@hotmail.com.

RESUMO

Um projeto de crédito de carbono de conservação florestal deve reduzir a emissão de gases de efeito estufa por meio de ações que promovam a redução de desmatamento. Os objetivos desse trabalho foram: a.) avaliar se o Projeto Tauari REDD+ teve efeito na redução do desmatamento no interior do território onde atua; b.) avaliar se o Projeto Tauari REDD+ teve efeito na redução do desmatamento no mosaico onde está inserido – composto por três Florestas Estaduais e o Projeto Tauari REDD+. Os dados utilizados foram os alertas de desmatamento produzidos pelo MapBiomias entre janeiro de 2019 e julho de 2024. Os métodos estatísticos utilizados incluíram: a.) análises descritivas; b.) testes não paramétricos: Wilcoxon; Medianas; e Rank Exponencial; c.) testes paramétricos: Modelo Linear Generalizado (GLM) com teste *Post Hoc* e análise de *Cluster*. Todos os resultados foram significativos ($P < 0,05$) e demonstram que o Projeto Tauari REDD+ teve efeito significativo na redução dos desmatamentos nos territórios estudados.

Palavras-chave — crédito de carbono, sensoriamento remoto, alerta de desmatamento, unidade de conservação.

ABSTRACT

A forest conservation carbon credit project must reduce greenhouse gas emissions through actions that promote the reduction of deforestation. The objectives of this work were: a.) evaluate whether the Tauari REDD+ Project influenced reducing deforestation within the territory where it operates; b.) evaluate whether the Tauari REDD+ Project influenced reducing deforestation in the mosaic in which it is inserted – consisting of three State Forests and the Tauari REDD+ Project. The data used were deforestation alerts produced by MapBiomias between January 2019 and July 2024. The statistical methods used included: a.) descriptive analyses; b.) non-parametric tests: Wilcoxon; Medians; and Exponential Rank; c.) parametric tests: Generalized Linear Model (GLM) with Post Hoc test and Cluster analysis. All results were significant ($P < 0.05$) and demonstrate that the Tauari REDD+ Project had a significant effect on reducing deforestation in the territories studied.

Keywords — carbon credit, remote sensing, deforestation alert, conservation unit.

1. INTRODUÇÃO

O crédito de carbono é um conceito que surgiu a partir do Protocolo de Kyoto em 1997 com o objetivo de reduzir a emissão de gases de efeito estufa – cada tonelada de carbono intencionalmente não emitida ou capturada da atmosfera gera um crédito de carbono.

Um projeto de crédito de carbono de conservação florestal deve reduzir a emissão de gases de efeito estufa por meio de ações planejadas que promovam a redução de desmatamento – conservação florestal – e consequentemente, gerar créditos de carbono.

O Projeto Tauari REDD+ de Conservação Florestal é um projeto de crédito de carbono na modalidade *Avoided Planned Deforestation* (APD) com atuação em área particular de aproximadamente 149.293 hectares localizada no bioma Amazônia, mais especificamente no município de Tarauacá, Acre, Brasil (Figura 1).

As hipóteses do presente trabalho foram: a.) o Projeto Tauari REDD+ teve efeito na redução do desmatamento no interior do território onde atua; b.) o Projeto Tauari REDD+ teve efeito na redução do desmatamento no mosaico de áreas protegidas onde está inserido – mosaico composto por três Florestas Estaduais e pelo Projeto Tauari REDD+.

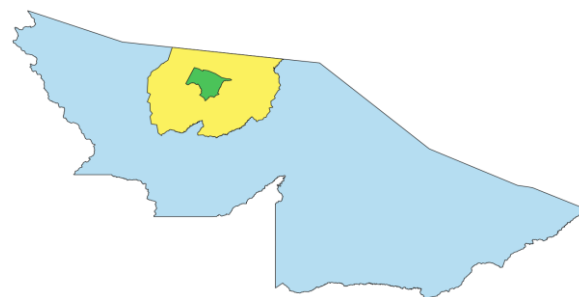


Figura 1. Em azul, o estado do Acre. Em amarelo, o município de Tarauacá. Em verde, o território do Projeto Tauari REDD+ com aproximadamente 149.293 hectares.

Os objetivos desse trabalho foram: a.) avaliar se o Projeto Tauari REDD+ teve efeito na redução do desmatamento no interior do território onde atua; b.) avaliar se o Projeto Tauari REDD+ teve efeito na redução do desmatamento no mosaico de áreas protegidas onde está inserido – composto por três Florestas Estaduais e pelo Projeto Tauari REDD+ (Figura 2).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho utilizou o programa livre QGIS 3.16 – <http://www.qgis.org> – para realizar os geoprocessamentos de coleta, tratamento e análise dos dados geoespaciais [1].

Os dados utilizados foram os alertas de desmatamento produzidos pelo MapBiomas entre janeiro de 2019 e julho de 2024. Ou seja, toda a série histórica dos alertas MapBiomas, disponível na plataforma pública <https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/downloads> [2].

O MapBiomas Alerta é um sistema que compila informações provenientes de diferentes sistemas de detecção de desmatamento no Brasil. Os alertas são gerados a partir de imagens com resolução espacial entre 10 e 60 metros, oriundas de fontes como Deter, Prodes, Sad, Sirad-X, Glad e Imazon <https://alerta.mapbiomas.org/metodo-mapbiomas-alerta/> [2]. Para a emissão do alerta, os limites espaciais são validados e refinados com imagens de satélites de alta resolução *Planet Scope* (resolução espacial de 3,7 metros).

O Projeto Tauari REDD+ Conservação Florestal é um projeto de crédito de carbono na modalidade *standard* e categoria *Avoid Planned Deforestation* (APD), com atuação no mercado voluntário - *Voluntary Carbon Standard* (VCS).

Esse protejo de carbono atua desde janeiro de 2023 em uma área particular com aproximadamente 149.293 hectares, localizada no bioma Amazônia, mais especificamente na microbacia do Rio Gregório no município de Tarauacá, Acre, Brasil.

O Projeto Tauari REDD+ faz limite territorial direto com três Florestas Estaduais do Acre. Esses quatro territórios unidos formam um mosaico de áreas protegidas no município de Tarauacá (Figura 2):

- A.) Floresta Estadual do Gregório (211.844 hectares);
- B.) Floresta Estadual do Mogno (140.902 hectares);
- C.) Floresta Estadual Rio Liberdade (76.367 hectares);
- D.) Projeto Tauari REDD+ (149.293 hectares).

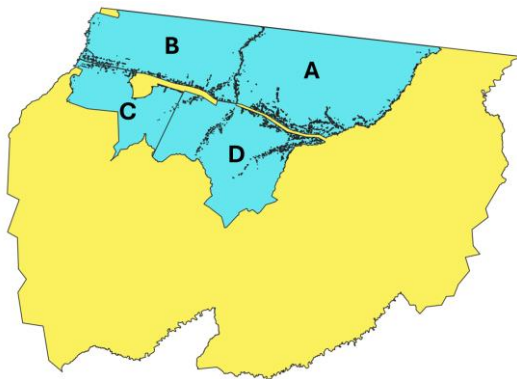


Figura 2. Em amarelo, o município de Tarauacá com aproximadamente 2.016.948,5 hectares. Em azul, o mosaico com quatro áreas protegidas: A.) Floresta Estadual do Gregório; B.) Floresta Estadual do Mogno; C.) Floresta Estadual do Rio Liberdade; D.) Projeto Tauari REDD+. Em preto, os 1.813 alertas de desmatamento MapBiomas sobrepostos ao mosaico entre janeiro de 2019 e julho de 2024.

Como estratégia de combate ao desmatamento o Projeto Tauari REDD+ executa desde janeiro de 2023 ações de gestão territorial voltadas para a proteção ambiental e para o desenvolvimento socioambiental de moradores locais. As principais ações executadas foram:

- Monitoramento territorial semanal – sensoriamento remoto;
- Diagnóstico social, produtivo e censitário de moradores locais – realizado em 2023;
- Fortalecimento das associações e organizações sociais – mais de 300 famílias de moradores locais;
- Apoio ao desenvolvimento de cadeias produtivas lícitas e sustentáveis para moradores locais;
- Incentivo à produção – uso múltiplo sustentável – para moradores locais.

Para verificar se o Tamanho dos Desmatamentos (área, hectare e \log_{hectare}) ocorridos no interior do mosaico foi influenciado – têm associação – pelo Projeto Tauari REDD+ ou pelos demais territórios em estudo (Florestas Estaduais A, B, C) foram estabelecidas três camadas vetoriais:

- I.) Unidades de Conservação Estaduais do Acre https://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py. [3]. Foi realizado geoprocessamento para selecionar as três Florestas Estaduais em estudo;
- II.) Território do Projeto Tauari REDD+ https://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py. [3]. Foi realizado geoprocessamento para selecionar o território do Projeto Tauari REDD+ e uni-lo aos territórios das Florestas Estaduais (formação do mosaico);
- III.) Alertas de desmatamento MapBiomas no bioma Amazônia entre 2019 e 2024 <https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/downloads>. Foi realizado geoprocessamento para manutenção dos alertas sobrepostos ao mosaico em estudo (Figura 2).

O produto quantitativo dessa edição e sobreposição de camadas vetoriais foi utilizado como banco de dados geoespacial do presente trabalho.

Para as análises estatísticas – consistência dos dados, análises descritivas e testes estatísticos – foram utilizados os programas Excel e SAS [4].

As distribuições probabilísticas das variáveis foram verificadas por meio de testes de normalidade Kolmogorov-Smirnov e gráficos de histograma e *box-plot*.

A variável aleatória área em hectares (área, hectare) não apresentou distribuição normal, e nesse contexto, foi transformada de acordo com a expressão abaixo:

$$\text{Log}_{\text{área}} = \text{Logaritmo}(\text{área} + 1)$$

Ambas as variáveis aleatórias (área e $\log_{\text{área}}$) foram mantidas no banco de dados, possibilitando ampliar a diversidade de testes estatísticos aplicados. E permitindo assim a comparação intuitiva entre a variável original, com escala em hectares, e a variável transformada com escala em logaritmo de hectares.

Foram calculadas medidas descritivas por meio de procedimentos estatísticos clássicos. As medidas descritivas calculadas foram: a.) número de observações; b.) valores mínimo e máximo; c.) média; d.) mediana; e.) desvio padrão; f.) soma; e g.) intervalos de confiança.

A estatística descritiva “soma”, equivale a soma das áreas dos desmatamentos em hectare, por território, por ano, foi utilizada como Taxa de Desmatamento Anual.

Para testar se o Projeto Tauari REDD+ teve efeito na redução do Tamanho dos Desmatamentos (área, hectare) no interior do território onde atua, foram realizados três testes estatísticos não paramétricos de comparação de grupos:

- Teste de Wilcoxon (Rank de Somas);
- Teste de Mediana (Rank de Medianas); e
- Teste Savage (Rank Exponencial).

Por fim, para avaliar se o Projeto Tauari REDD+ teve efeito na redução do Tamanho do Desmatamento (área, log_hectare) no mosaico onde está inserido foi utilizado um Modelo Linear Generalizado (GLM) com teste *Post Hoc* e análise de agrupamento – *cluster*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mosaico em estudo formado pela união das três Florestas Estaduais com o Projeto Tauari REDD+ tem área total de aproximadamente 578.402 hectares, que equivalem a cerca de 28,68% da área do município de Tarauacá, Acre.

As estatísticas descritivas referentes ao Tamanho dos Desmatamentos (área, hectare e log_hectare) ocorridos no interior do mosaico são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatísticas para Tamanho do Desmatamento (área, hectare e log_hectare) no interior do Mosaico (MOS), composto pelas três Florestas Estaduais (FLO) e pelo Projeto Tauari REDD+ (PRO), entre janeiro de 2019 e julho de 2024.

Item ^a	MOS	FLO	PRO
Nº Territórios	4	3	1
Nº Alertas	1.813	1.182	631
IC↓95%	4,43	4,53	3,98
IC↑95%	5,01	5,34	4,64
Média	4,71	4,93	4,31
Média ^{Log}	1,47	1,48	1,45
Mediana	2,92	2,89	2,98
Mediana ^{Log}	1,37	1,36	1,38
DP	6,27	7,13	4,19
DP ^{Log}	0,66	0,67	0,63

^a Nº Alertas=número de alertas MapBiomas; IC↓95%=limite inferior do intervalo de confiança ao nível de 95%; IC↑95%=limite superior do intervalo de confiança ao nível de 95%; DP = desvio padrão. Média^{Log}; Mediana^{Log}; Soma^{Log} e DP^{Log}, representam as estatísticas em hectares logaritimizado.

Entre janeiro de 2019 e julho de 2024 foram emitidos 1.813 alertas de desmatamento MapBiomas sobrepostos aos quatro territórios que compõem o mosaico territorial em estudo (Figura 02).

O gráfico 1 apresenta a evolução da Taxa de Desmatamento Anual – desmatamento acumulado por ano – para as três Florestas Estaduais e para o Projeto Tauari REDD+ entre janeiro de 2019 e julho de 2024:

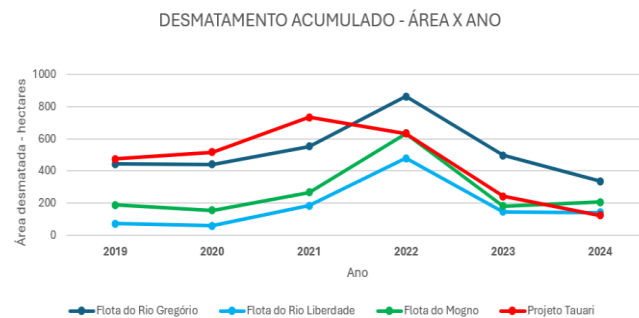


Gráfico 1. Taxa de Desmatamento Anual (desmatamento acumulado por ano), entre janeiro de 2019 e julho de 2024, para as três Florestas Estaduais (Flotas) e o Projeto Tauari REDD+.

O território onde atualmente existe o Projeto Tauari REDD+ inicia a série temporal – 2019, 2020 e 2021 – ocupando o posto com maior Taxa de Desmatamento Anual (Gráfico 1).

Em 2019, 2020 e 2021 o desmatamento aumentou de forma semelhante para os quatro territórios que compõem o mosaico (Gráfico 1).

Entre janeiro de 2023 e julho de 2024 a Taxa de Desmatamento Anual caiu nas quatro áreas que compõem o mosaico territorial em estudo (Gráfico 1). Porém, a queda na Taxa de Desmatamento Anual do Projeto Tauari REDD+ foi mais acentuada e apresentou diferença estatística significativa em relação aos outros territórios (Gráfico 1).

E nesse contexto, em julho de 2024 o Projeto Tauari REDD+ ocupou pela primeira vez na série histórica estudada o posto de menor Taxa de Desmatamento Anual do mosaico. (Gráfico 1).

Os três testes estatísticos não paramétricos utilizados tiveram resultados não significativos ($P > 0,05$) para a variável Tamanho do Desmatamento (área, hectare e log_hectare) no período entre janeiro de 2019 e dezembro de 2022. E significativos ($P < 0,05$) para o período entre janeiro de 2023 e junho de 2024.

Demonstrando que o Tamanho do Desmatamento (área, hectare e log_hectare) foi influenciado significativamente pela presença do Projeto Tauari REDD+:

- Teste de Wilcoxon: ($P < 0,05$);
- Teste de Mediana: ($P < 0,05$);
- Teste Savage: ($P < 0,05$).

Ou seja, antes da chegada do Projeto Tauari REDD+ o Tamanho do Desmatamento (área, hectare e log_hectare) se comportava sem diferenças estatísticas entre os territórios

que compõem o mosaico. E após a chegada do Projeto Tauari REDD+ o Tamanho do Desmatamento (área, hectare e \log_{hectare}) apresentou diferenças estatísticas significativas.

Esse período, entre janeiro de 2023 e julho de 2024, coincide com o período em que o Projeto Tauari REDD+ realizou ações de gestão voltadas para a proteção ambiental e para o desenvolvimento socioambiental de moradores locais.

De forma complementar, os resultados dos testes *Post Hoc* na análise GLM corroboram os resultados dos testes não paramétricos e demonstram que entre janeiro de 2023 e julho de 2024 o Tamanho do Desmatamento (área, \log_{hectare}) foi menor no Projeto Tauari REDD+ (média $1,29 \pm 0,11$) quando comparado ao Tamanho do Desmatamento no restante do mosaico – três Florestas Estaduais (média $1,47 \pm 0,07$).

Por fim, foram realizadas duas análises de *cluster* com objetivo de verificar possíveis agrupamentos entre os territórios em estudo – referentes à variável Tamanho do Desmatamento (área, \log_{hectare}).

A primeira análise contempla toda a série temporal MapBiomias (2019 a 2024) e foi denominada *cluster 1*. A segunda análise contempla apenas os anos de 2023 e 2024 (período de atuação do Projeto Tauari REDD+) e foi denominada *cluster 2*.

O resultado da análise *cluster 1* (2019 a 2024) indica que para a variável Tamanho do Desmatamento (área, \log_{hectare}) não há diferença estatística entre os quatro territórios que compõem o mosaico estudado (Figura 3).

Ou seja, para toda a série temporal (2019 a 2024) os quatro territórios têm o mesmo comportamento – agrupado.

O resultado da análise *cluster 2* (2023 a 2024) indica que para a variável Tamanho do Desmatamento (área, \log_{hectare}) não há diferença estatística significativa entre as três Florestas Estaduais, porém, há diferença estatística significativa entre o Projeto Tauari REDD+ e as demais Florestas Estaduais. Nesse período, apenas o Projeto Tauari REDD+ ficou fora do agrupamento (Figura 3).

Nesse contexto, todas as análises estatísticas paramétricas (GLM, *Post Hoc* e *clusters*) realizadas para Tamanho do Desmatamento (área, \log_{hectare}) foram não significativas ($P > 0,05$) no período entre janeiro de 2019 e dezembro de 2022. E significativas ($P < 0,05$) para o período posterior, entre janeiro de 2023 e julho de 2024.

Esses resultados – paramétricos e não paramétricos – demonstram que o comportamento do desmatamento (Taxa de Desmatamento Anual e Tamanho do Desmatamento) sofreu mudanças no mosaico estudado, a partir de janeiro de 2023, data que coincide com o início das atividades de gestão territorial (proteção ambiental e desenvolvimento socioambiental) executadas pelo Projeto Tauari REDD+.

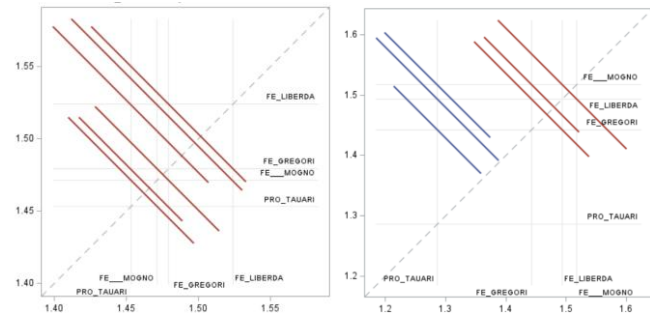


Figura 3. A esquerda, gráfico de agrupamento referente ao *cluster 1* (2019 a 2024). A direita, gráfico de agrupamento referente ao *cluster 2* (2023 e 2024). Em vermelho, análises com diferença não significativas ao nível de 5% (agrupados). Em azul, análises com diferença significativa ao nível de 5% (não agrupados). A variável utilizada em ambos os casos foi Tamanho do Desmatamento, com área logaritimizada.

4. CONCLUSÕES

Os resultados das análises estatísticas confirmaram a hipótese a.) do presente trabalho, demonstrando que o Projeto Tauari REDD+ teve efeito significativo na redução tanto da Taxa de Desmatamento Anual quanto no Tamanho dos Desmatamentos, no interior do território onde atua desde 2023.

Os resultados também confirmaram a hipótese b.) demonstrando que a presença do Projeto Tauari REDD+ teve efeito significativo na redução do desmatamento no mosaico onde está inserido – mosaico composto por três Florestas Estaduais e o Projeto Tauari REDD+.

Há evidências que a diminuição do desmatamento no Projeto Tauari REDD+ esteja associada as ações de proteção ambiental e desenvolvimento socioambiental executadas pelo Projeto Tauari REDD+ nos anos de 2023 e 2024.

5. REFERÊNCIAS

- [1] QGIS - QGIS Development Team. (2024). QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- [2] Projeto MapBiomias Alerta – Sistema de Validação e Refinamento de Alertas de Desmatamento com Imagens de Alta Resolução: <https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/>, acessado em: 28 set. 2024.
- [3] Base de dados SIGEF/INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Disponível em: https://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py. Acesso em: 20 out. 2024.
- [4] SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT® 15.3 Statistical Analytics System - User's Guide. Cary, NC: SAS Institut Inc., 2024.